



**Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Tecnologia - FT
Curso de Engenharia de Produção**

**A TOMADA DE DECISÃO FAZER *VERSUS*
COMPRAR E A SELEÇÃO DE FORNECEDORES EM
UMA PEQUENA EMPRESA DE BASE TECNOLÓGICA**

**Autor: Pedro Henrique Capozzi Miranda
Orientador: Andrea Cristina dos Santos**

**Brasília, DF
2015**



PEDRO HENRIQUE CAPOZZI MIRANDA

**A TOMADA DECISÃO FAZER *VERSUS* COMPRAR E SELEÇÃO DE
FORNECEDORES EM UMA PEQUENA EMPRESA DE BASE TECNOLÓGICA**

Projeto de Graduação submetido ao curso de graduação em Engenharia de Produção da Universidade de Brasília, como requisito parcial à obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Andrea Cristina dos Santos

**Brasília, DF
2015**

TOMADA DE DECISÃO FAZER *VERSUS* COMPRAR E SELEÇÃO DE FORNECEDORES EM UMA PEQUENA EMPRESA DE BASE TECNOLÓGICA

Pedro Henrique Capozzi Miranda

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção da Faculdade de Tecnologia, da Universidade de Brasília, em (data da aprovação 10/12/15) apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

Prof. (Dr. Eng.): Andrea Cristina dos Santos, UnB/EPR
Orientador

Prof. (Dr. Eng.): Reinaldo Crispiano Garcia, UnB/EPR
Membro Convidado

(Dr. Eng.): Rafael Ernesto Kieckbusch, CNI
Membro Convidado Externo

Brasília, DF
2015

RESUMO

A tomada de decisão entre fazer, desenvolver e produzir um respectivo produto, ou ainda delegar esta função a terceiros nem sempre é analisada da maneira mais adequada. A análise, a seleção dos fornecedores e parceiros é de extrema importância para se ter um bom relacionamento e agilidade na cadeia de suprimentos. Este processo torna-se uma atividade crítica principalmente no contexto de pequenas empresas. Neste trabalho tem-se por objetivo apoiar uma pequena empresa de base tecnológica na tomada de decisão de fazer e comprar e, selecionar os fornecedores. A metodologia de pesquisa utilizada foi a pesquisa ação no qual a partir de um referencial teórico, foram aplicados um conjunto de métodos e técnicas para tomada de decisão em conjunto com os membros da empresa. Os resultados alcançados, além de auxiliar na seleção dos fornecedores do produto estudado, mostra um conjunto de métodos e técnicas para a tomada de decisão de fazer versus comprar contribuindo também com o processo de desenvolvimento de produtos da empresa.

Palavras-chave: Decisão fazer *versus* comprar, seleção de fornecedores, Programação Linear, AHP

ABSTRACT

The decision among making, developing and producing a product, or empower this function to a third part is no usually analyzed the more adequate way. The analysis, and a good selection of partners and suppliers is extremely important to achieve agility in the supply chain. This process becomes a critic activity mainly in the small business context. This work has the objective of supporting a small technology based company in the making versus buying decision and the supplier selection. To develop the paper, we chose to apply the research-action methodology. Based on a theory review, methods and techniques were applied to support the decision together with the company members. The results, more then helping on the supplier selection for the studied product, showed a group of methods and techniques for the decision making process over making or buying, contributing as well with the product development process on the company.

Key-words: Making versus buying decision, supplier selection, linear program, AHP

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Processo de Outsourcing. Fonte: Santos (2008).....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2 – Etapas do fluxo do processo de Desenvolvimento de Produto. Fonte: Fine (1996)</i>	<i>21</i>
<i>Figura 3 - Visão geral do modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos. Fonte: Rozenfeld et al. (2006, p.44)</i>	<i>23</i>
<i>Figura 4 - Atividades genéricas das fases do modelo de referência. Fonte: ROzenfeld et al. (2006, p. 106)</i>	<i>24</i>
<i>Figura 5 - Modelo baseado nos conceitos de engenharia. Fonte: Di Serio (2001)</i>	<i>29</i>
<i>Figura 7 - Esquema de montagem de uma placa PCB.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 8 - Hierarquia do processo.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 9 - Resumo das análises.....</i>	<i>58</i>

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1 - Fatores considerados no processo de decisão sobre o outsourcing. Fonte: Santos (2008)</i>	19
<i>Tabela 2 - Relação entre atividades, vantagens e recursos. Fonte: McIvor (2008, p. 75) (adaptado)</i>	32
<i>Tabela 3 - Critério de seleção de fornecedores. Fonte: Rodrigues (2010)</i>	37
<i>Tabela 4 - Exemplo de escala de Likert</i>	38
<i>Tabela 5 - Escala do modelo AHP</i>	39
<i>Tabela 6 - Valores para RI</i>	41
<i>Tabela 7 - Ponderação de fatores para seleção de fornecedores</i>	48
<i>Tabela 8 - Ponderação das prioridades dos fatores</i>	49
<i>Tabela 9 - Potenciais fornecedores para 10 peças</i>	52
<i>Tabela 10 - Potenciais fornecedores para 1000 peças</i>	52
<i>Tabela 11- Potenciais fornecedores para 10 peças</i>	53
<i>Tabela 12 - Potenciais fornecedores com valores normalizados</i>	54
<i>Tabela 13 - Potenciais fornecedores para 1000 peças</i>	55
<i>Tabela 14 - Potenciais fornecedores para 1000 peças com valores normalizados</i>	56
<i>Tabela 15 - Confronto de fornecedores para o fator custo</i>	63
<i>Tabela 16 - Confronto de fornecedores para o fator tempo de entrega</i>	64
<i>Tabela 17 - Confronto de fornecedores para o fator qualidade</i>	65
<i>Tabela 18 - Matriz da soma dos vetores ponderados de cada fator</i>	66
<i>Tabela 19 - Resultado método AHP para os fatores custo e tempo</i>	67

SUMÁRIO

RESUMO	4
ABSTRACT	5
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABELAS	7
SUMÁRIO	8
1. INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVOS	10
1.1.1 Objetivo Geral	10
1.1.2 Objetivos Específicos	10
1.2 METODOLOGIA	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 DECISÃO FAZER <i>VERSUS</i> COMPRAR	12
2.1.1 Motivação para o <i>Outsourcing</i>	13
2.1.2 A Tomada de Decisão para o <i>Outsourcing</i>	14
2.1.4 A Gestão do <i>Outsourcing</i>	20
2.2 O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	21
2.2.1 Arquitetura de Produto	26
2.3 O PROCESSO DE DECISÃO FAZER <i>VERSUS</i> COMPRAR	27
2.3.1 Modelo focado nos conceitos de engenharia	28
2.3.2 Modelo focado nas competências essenciais	29
2.3.3 Modelo McIvor	31
2.4 ENVOLVIMENTO DO FORNECEDOR	34
2.5 CAPTAÇÃO E SELEÇÃO DE FORNECEDORES	35
2.5.1 Critérios para a Seleção de Fornecedores	36
2.5.2 Métodos de Seleção de Fornecedores	38
3. ANÁLISE DO PROCESSO FAZER <i>VERSUS</i> COMPRAR NA LOOP	43
3.1 DESCRIÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DO LOOPKEY®	43
3.2 ANÁLISE DA DECISÃO FAZER <i>VERSUS</i> COMPRAR	45
4. AQUISIÇÃO E SELEÇÃO DE FORNECEDORES	46
4.1 DESENVOLVIMENTO DE FORNECEDORES NA LOOP	46
4.2 TIPO DE RELAÇÃO COM O FORNECEDOR	47
4.3 BUSCA DE NOVOS FORNECEDORES	47
4.3.1 Fatores críticos para a escolha de fornecedores	48
4.3.2 Pesquisa de novos fornecedores	50
4.3.3 Lista de fornecedores	51
É válido observar que os preços praticados pelos fornecedores americanos são bem acima dos preços chineses. Isso pode ser explicado devido a diferença do custo da mão de obra nos dois países. É válido também ressaltar que nenhum fornecedor brasileiro conseguiu atender nossa demanda 3 o contato foi bem complicado. Mesmo sendo realizado por telefone com algumas empresas, não obtivemos respostas às solicitações de orçamentos.	52
4.4 SELEÇÃO DE FORNECEDORES	52
4.4.1 Método de programação linear para os orçamentos de 10 peças	53
4.4.2 Método de programação linear para os orçamentos de 1000 peças	55
4.4.3 Análise alternativa: <i>AHP</i> para os orçamentos de 1000 peças	56
4.4.4 Análise resumo	58
5. CONCLUSÃO	58
BIBLIOGRAFIA	60
APÊNDICE A – PLANILHAS DE ANÁLISE <i>AHP</i>	63
APÊNDICE B – RESULTADO SIMULAÇÕES	68

1. INTRODUÇÃO

Durante o processo de desenvolvimento de um produto as empresas devem considerar diversos fatores como os requisitos dos clientes, os requisitos do produto, design, a funcionalidade, além da montagem e como este produto será fabricado para as tomadas de decisão. Durante estas e outras etapas, os gestores passam por processos decisórios que podem ser críticos para o andamento do desenvolvimento, custo e ciclo de vida do produto.

Algumas dessas decisões passam pela escolha entre desenvolver internamente, ou realizar o processo de *outsourcing*, delegando partes do processo de desenvolvimento do produto a parceiros e fornecedores, à escolha de quais fornecedores utilizar e como selecioná-los. A decisão de fazer versus comprar está diretamente relacionada com a competência chave da empresa, uma empresa pode avaliar se desenvolve novas competências ou se mantém o foco em sua competência principal e, atribui a outros as outras atividades.

Da mesma forma, uma vez tomada decisão pelo *outsourcing*, é necessário um estudo criterioso que passa pela seleção e qualificação dos fornecedores e pode conduzir a empresa a obtenção de vantagens competitiva no mercado.

Pequenas empresas muitas vezes não designam recursos para avaliar os diversos fatores envolvidos na tomada de decisão de fazer versus comprar e cometem equívocos. Neste trabalho, busca-se analisar o processo decisório de fazer versus comprar em uma pequena empresa de base tecnológica, incubada no Centro de Desenvolvimento Tecnológico (CDT) da Universidade de Brasília.

O intuito deste estudo é estudar a decisão fazer *versus* comprar em uma empresa, buscando, também, auxiliar a empresa na busca e seleção de novos fornecedores.

A empresa estudada, Loop Computer Engineering, foi fundada em Brasília e se dedica a projetar *hardwares* e *softwares* que em conjunto, otimizem o tempo e tornem a vida dos consumidores mais fácil e proveitosa. A Loop hoje possui ao todo três produtos: O LoopKey®, caso de análise deste trabalho, busca automatizar o processo de abertura e fechamento de portas através de um aplicativo para celular, controlando e registrando acessos; atualmente o maior foco em desenvolvimento se encontra neste produto; o SafeBrowser®, um aplicativo capaz de realizar certificação digital; o também aplicativo LinguoType®, que age como um tradutor simultâneo enquanto se está digitando, sem a necessidade de abrir outros aplicativos dicionários.

Dos produtos desenvolvidos pela Loop, o LoopKey® é o único que necessita de desenvolvimento de hardware e é neste produto que focaremos as análises do processo

decisório fazer *versus* comprar e buscar alternativas de fornecedores que atendam a montagem dos módulos do produto até que esteja pronto para ser vendido ao consumidor final. Para a escolha de fornecedores é necessário se apoiar a técnicas que suportem a decisão, uma vez que há vários critérios que devem ser levados em conta no momento desta seleção.

1.1 OBJETIVOS

Considerando a importância de justificar e mapear a decisão fazer *versus* comprar no Processo de Desenvolvimento do LoopKey®, e a relevância de selecionar fornecedores chave que agreguem no processo produtivo da Loop, o objetivo geral e específicos deste trabalho são:

1.1.1 Objetivo Geral

Justificar e desenvolver a decisão fazer *versus* comprar da Loop, buscando fornecedores e aplicando técnicas que auxiliem esta decisão.

1.1.2 Objetivos Específicos

Foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos para este trabalho:

- Analisar os fatores que influenciam o processo de tomada de decisão fazer *versus* comprar e suas relações com o processo de desenvolvimento de produtos.
- Compreender o Processo de Desenvolvimento de Produto da empresa.
- Justificar a decisão da empresa em realizar o *outsourcing*.
- Identificar os fatores críticos para a empresa na seleção de fornecedores
- Definir as alternativas de fornecedores para a empresa.
- Utilizar métodos quantitativos de seleção de fornecedores buscando um resultado ideal.

1.2 METODOLOGIA

Para este trabalho, a participação da empresa estudada é extremamente importante, para tanto busca uma estratégia de pesquisa que combine a geração de teoria com uma mudança efetiva na empresa. Com este objetivo a metodologia que melhor se encaixa às nossas necessidades é a Pesquisa-ação.

A principal ideia com a aplicação da pesquisa-ação é buscar uma abordagem participativa, onde membros do sistema que está sendo estudado auxiliem com dados e participem do processo de seleção de fornecedores que será realizado. Seguindo os passos sugeridos pela teoria do método iniciamos entendendo o contexto e a proposta da empresa. Esta análise será realizada através de reuniões com o grupo responsável pelo desenvolvimento de produtos da Loop. Essas reuniões resultaram nas análises apresentadas na introdução e objetivo deste trabalho.

Após a definição do problema, elabora-se o referencial teórico que servirá de apoio às análises para a resolução do problema.

As análises resolutivas seguirão os seguintes passos:

- *Análise da decisão fazer versus comprar*: Analisamos a atual situação da empresa, através de modelos para esta tomada de decisão e análises do processo de desenvolvimento de produto e arquitetura, buscando justificar a atual decisão da empresa em realizar o *outsourcing*.
- *Identificar fatores críticos para a empresa na seleção de fornecedores e selecioná-los*: Para a identificação dos critérios críticos utilizamos técnicas, aplicadas aos gestores da Loop, que ponderem estes critérios e nos dêem claramente uma ordem de preferência para a empresa.
- *Identificação de potenciais fornecedores*: Além dos atuais fornecedores da empresa, que também serão considerados nas análises deste estudo, buscaremos outros fornecedores, distribuidores e fabricantes potenciais, baseados nos fatores ponderados obtidos da análise anterior. Esta busca será feita através de *benchmark* com outras empresas do ramo, além de buscas na internet.
- *Seleção dos potenciais fornecedores*: Como última etapa, e principal entrega deste trabalho, aplicaremos técnicas e ferramentas para escolher o melhor fornecedor baseado nos fatores definidos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DECISÃO FAZER *VERSUS* COMPRAR

Desde os anos setenta, a decisão de compra pelas empresas passou por consideráveis mudanças. No passado esta decisão era focada em obter o produto ou serviço com menor custo possível. Àquela época os departamentos responsáveis por lidar com fornecedores, presente hoje em boa parte das companhias, agia de forma passiva. Sendo esta decisão algo administrativo e não estratégico. Segundo McIvor (1997), com o passar do tempo e a crise do petróleo em 1973-1974, o estudo detalhado sobre as aquisições ganhou importância. Com mais força na literatura, a importância estratégica das análises de compra de materiais ganhou força e cada vez mais representou sucesso para as empresas que a utilizavam como fator estratégico de negócio.

O processo de decisão entre fazer ou comprar é, atualmente, um fator determinante na lucratividade, sendo de grande contribuição para a saúde econômica de empresas. A partir de um estudo dos fornecedores, empresas podem diminuir significativamente seus gastos e tempo de trabalho delegando atividades de montagem e produção aos seus fornecedores. (MCIVOR, 1997).

Mesmo sabendo desta importância, muitas empresas ainda não possuem o processo de decisão fazer versus comprar mapeado. Um fator conhecido por diversos autores na literatura é que a grande maioria destas empresas ainda utiliza como principal fator para a compra, o menor custo. Estas empresas estão falhando ao não considerar problemas como: a manutenção das peças; a capacidade do fornecedor em manter entregas; a confiabilidade do fornecedor e seus fornecedores; o tempo de entrega do material desejado, dentre outros.

Uma das abordagens utilizadas para descrever o processo de *outsourcing*, é a apresentada por Vernalha & Pires (2005). O modelo de quatro estágios divide o processo de *outsourcing* em: Estágio de motivação, estágio de tomada de decisão, estágio de implementação e estágio de gerenciamento de fornecedores. A Figura 1 a seguir resume o modelo de quatro estágios :

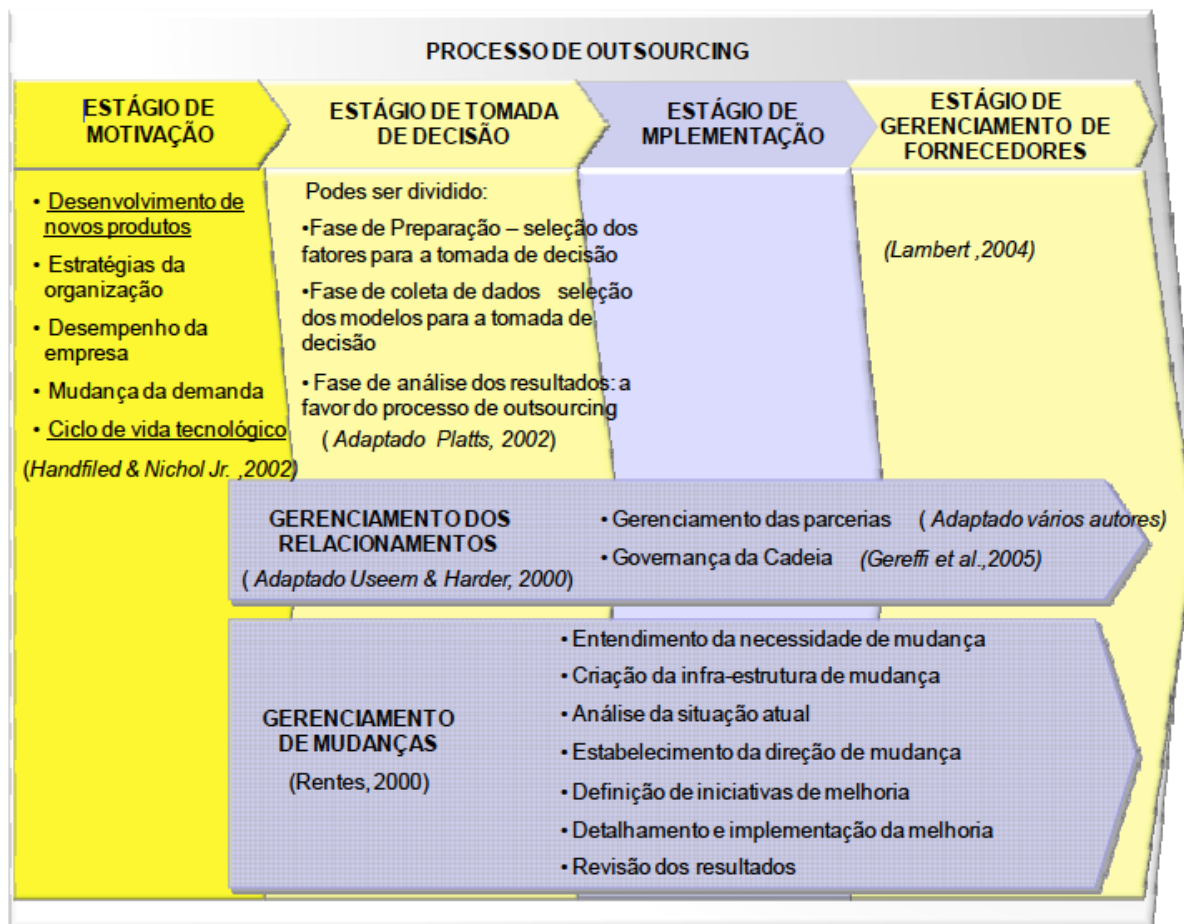


Figura 1 - Processo de Outsourcing. Fonte: Santos (2008)

2.1.1 Motivação para o *Outsourcing*

A motivação envolve as razões sobre a decisão do outsourcing, são os gatilhos para iniciar outsourcing. Ehie (2001) por meio de uma pesquisa, em 108 empresas de manufatura americanas, sobre as razões para a prática de outsourcing, relata que as principais motivações para o processo de outsourcing estão relacionadas com a manutenção da competitividade da empresa: entrega de produtos e serviços, preço dos produtos, qualidade, desempenho dos produtos e serviços, flexibilidade a mudanças da demanda, introdução de novos produtos entre outros (SANTOS, 2008).

Santos (2008) ainda cita Handfield & Nichols Jr. (2002) que divide as motivações para dar início ao processo de outsourcing em quatro grupos:

- 1) *Desenvolvimento de novos produtos*: o processo de desenvolvimento de produtos pode dar início ao processo de outsourcing, devido à necessidade de projetos de componentes, subsistemas, montagem e serviços. O item sob

consideração pode representar processos e tecnologias não familiares para a empresa.

- 2) *Desenvolvimento da estratégia*: o processo de decisão sobre o outsourcing pode ser iniciado a partir do direcionamento estratégico da empresa. Pela avaliação das competências essenciais da empresa no mercado, ou pela necessidade de mudanças nos parceiros de suprimentos da empresa.
- 3) *Desempenho da empresa*: pode ser iniciado a partir de falhas nos resultados dos fornecedores ou distribuidores para satisfazer os requisitos de negócios da empresa. Ou ainda, o processo de manufatura interna pode não estar atendendo os níveis de desempenho desejados. Baseado nisto, a decisão pode ser pela busca de um fornecedor com capacidade, ou investimentos em recursos para melhorar o desempenho interno da empresa.
- 4) *Mudança na demanda*: mudanças na demanda são causadas principalmente por inovações tecnológicas que frequentemente requerem uma revisão das principais competências e exigindo uma diminuição no tempo de ciclo de desenvolvimento. Além disso, se a demanda diminui drasticamente, a produção pode necessitar trocar de seus recursos internos e externos, por meio da melhoria, utilização e compra de ativos fixos ou ainda ter que melhorar o capital intelectual da empresa. Por outro lado, se a demanda aumenta, a empresa pode considerar se irá fazer o componente ou utilizar fornecedores externos para aumentar sua capacidade para atender a demanda.
- 5) *Ciclo de vida tecnológico*: se a taxa de mudança tecnológica é relativamente baixa então a tecnologia terá um longo período de vida. Em alguns casos, a tecnologia utilizada pode ter um longo período de retorno do investimento. Por outro, se a tecnologia envolvida está mudando rapidamente, fornecedores mais especializados neste tipo de tecnologia podem minimizar os riscos de investimentos.

2.1.2 A Tomada de Decisão para o *Outsourcing*

A importância das implicações sobre os resultados do outsourcing para as empresas tem sido destacada por vários autores. Entre elas, destaca-se o risco da perda das principais competências da empresa para os fornecedores (SANTOS, 2008).

Segundo citação em Santos (2008), Swan & Allred (2003) por meio de um questionário aplicado em 187 empresas (localizadas nos EUA, Japão, Alemanha e Europa) relatam que a aquisição de tecnologia de produto externa pode fornecer soluções rápidas e mais baratas em curto prazo, mas pode gerar a perda da vantagem competitiva em longo prazo. Os autores também relatam que:

- Quando existem grandes distâncias envolvendo as atividades entre a manufatura e o projeto, os parceiros externos podem fornecer respostas mais rápidas aos clientes locais. Aumentando o potencial de melhoria de comunicação e melhorando a flexibilidade da empresa para atender as necessidades dos clientes.
- Em situações nas quais a tecnologia inserida no produto tem um curto ciclo de vida, o desenvolvimento interno está condicionado ao tempo e pode resultar em tecnologias que não são mais aceitas no mercado, devido a rápidas mudanças no mercado o qual a empresa não teve tempo de acompanhar.

O aumento da intensidade competitiva tem reduzido o foco no PDP, aumentando os esforços nos custos e na eficiência da manufatura. Retratando uma visão estratégica

Desta forma, considerando os diversos fatores envolvidos no processo decisório em questão, Di Serio & Sampaio (2001) sugerem cinco modelos para a tomada de decisão fazer *versus* comprar, cada uma com um enfoque.

a) Análise econômica

A análise econômica é considerada a mais simples e antiga, uma vez que é um dos principais indicadores da empresa. Di Serio & Sampaio (2001), nos traz que a metodologia de análise econômica consiste em comparar o custo de fabricação de um determinado componente com o custo de aquisição no mercado.

b) Análise do custo de transação

Segundo os autores a decisão utilizando somente a análise econômica poderia não ser tão eficiente e simples, e para tanto deveriam ser realizadas outras análises. Como citado em Di Serio & Sampaio (2001) o economista Coase (1937) desenvolveu uma fértil teoria sobre a integração vertical, a Teoria do Custo de Transação, que leva em conta vários outros fatores importantes. O custo de transação, aperfeiçoado mais tarde por Williamson (1991), estuda como os parceiros se protegem dos riscos em suas relações comerciais. Esses riscos referem-se à possibilidade de que os elementos acordados entre as partes não ocorram.

c) Análise estratégica

Segundo citação em Santos (2008), a análise estratégica consistem em focalizar os esforços e investimentos da organização em um pequeno grupo de atividades, denominadas

competências essenciais, questionando se as atividades poderão ou não ser diferenciadas, fazendo uma avaliação das atividades em relação aos concorrentes com o objetivo de aumentar o valor percebido pelo cliente.

Análise de competências da empresa, Di Serio & Sampaio (2001) trazem o conceito de competência central, que também é levado em consideração na análise de importância estratégica. De acordo com o autor, selecionar a competência central da empresa é uma tarefa árdua e polêmica e traz uma sugestão de Quinn e Hilmer (1994, p. 45-47) para realizar a identificação, segundo estes autores para encontrar a competência central da empresa, deve-se seguir sete passos:

- a) Focalizar conhecimentos e habilidades não produtos ou funções: produtos são facilmente copiáveis ou substituíveis. As funções tradicionais, como produção, engenharia, marketing ou finanças, não são mais competências centrais como foram no passado. As competências precisam ser habilidades que cruzem essas funções, envolvendo atividades como projetos de serviços ou produtos, criação tecnológica, serviços ao cliente ou logística que são muito mais baseadas em conhecimento;
- b) Desenvolver competências de longo prazo: o desafio é construir e dominar habilidades em áreas que os clientes irão valorizar no futuro;
- c) Limitar o número de competências: a empresa deve desenvolver duas ou três habilidades críticas ao seu negócio. Cada uma exige um intenso investimento de tempo e recursos que não deve ser diluído com o desenvolvimento de capacidades secundárias;
- d) Escolher as melhores fontes: estratégias efetivas devem escolher os espaços disponíveis do mercado em que há imperfeições e/ou gaps de conhecimento, nos quais os investimentos nos recursos intelectuais podem ser alavancados;
- e) Dominar a área de conhecimento: uma empresa só consegue aumentar sua rentabilidade em áreas de atividades em que sua performance é mais eficiente do que a de qualquer outro concorrente;
- f) Focalizar as necessidades do cliente: ao menos uma competência central deve estar diretamente relacionada ao atendimento e serviço aos clientes. Por meio da análise regressiva da sua cadeia de valores, uma empresa pode identificar as atividades capazes de proporcionar ao cliente maior eficácia e menor custo;
- g) Alinhar os sistemas organizacionais: a manutenção das competências não pode depender de algumas estrelas talentosas, cuja saída da empresa possa gerar sérios problemas e até destruir o seu sucesso. Quando uma estratégia é fortemente

dependente de criatividade, dedicação, iniciativa e atração de excelentes profissionais, as competências centrais devem estar alinhadas aos sistemas da empresa o que inclui seus valores, estrutura organizacional e sistemas de gerenciamento. Há casos em que esse sistema de desenvolvimento de pessoas se torna a competência central da organização.

d) Análise multidimensional

Os modelos multidimensionais consideram outros fatores dos já apresentados, como alocação de despesas, fatores humanos, inovação, experiência, tecnologia, custos entre outros.

Deve-se considerar também para a análise fazer *versus* comprar a dinamicidade do mercado. Em mercados muito dinâmicos, como é o caso do mercado deste estudo, a melhor estratégia não consiste necessariamente em se esforçar por uma condição de estabilidade, mas justamente se adaptar ao mercado e aprender.

e) Modelos dinâmicos

A análise do custo de transação estuda como os parceiros se protegem dos riscos em suas relações comerciais (WILLIAMSON, 1991). Di Sérió & Sampaio (2001) relatam que os modelos desconsideram os ativos intangíveis e estratégicos nas equações econômicas. Considera que as cadeias de suprimentos são arquitetadas para redução de custos e têm sua origem na área de economia e o enfoque na economia institucional (SANTOS, 2008).

A análise estratégica consiste em focalizar os esforços e investimentos da organização em um pequeno grupo de atividades, denominadas competências essenciais, questionando se as atividades poderão ou não ser diferenciadas, fazendo uma avaliação das atividades em relação aos concorrentes com o objetivo de aumentar o valor percebido pelo cliente (HAMEL & PRAHALAD, 1990; VENKATESAN, 1992; QUINN & HILMER, 1994; McIVOR et al., 1997). Assumem que as competências atuais serão as mesmas que as competências futuras, não preservam o conhecimento de uma atividade, têm sua origem na administração com enfoque nas estratégias (SANTOS, 2008).

A análise multidimensional considera outros fatores nos modelos, tais como: alocação de despesas, capacidade de inovação, fatores humanos, experiências dos empregados, maturidade tecnológica, custos entre outros (LONSDALE, 1999; PLATTS, 2002).

A análise por meio de modelos dinâmicos considera a velocidade evolutiva do setor ao longo do tempo. Segundo Fine (1999) a vantagem competitiva sustentável é proveniente de mercados de baixa velocidade evolutiva. Existe uma vantagem temporária em mercados de alta velocidade evolutiva. Quanto mais alta a velocidade evolutiva do setor, mais temporária é a sua vantagem competitiva (SANTOS, 2008).

A análise econômica é a maneira mais simples e mais antiga de tomar a decisão de fazer versus comprar, os modelos consistem em comparar o custo de fabricação de um determinado componente com o custo de aquisição no mercado. Têm sua origem na área de finanças e enfoque em custos (SANTOS, 2008).

Ainda segundo Santos (2008), existem outras abordagens para a modelagem dos fatores que buscam considerar a integração de diferentes áreas de conhecimento, ilustradas em Humphreys et al. (2002), Handfield & Nichols Jr. (2002), Swan & Allred (2003), Kamp (2005) e Holcomb & Hitt (2007). Platts et al. (2002) dividem o processo de tomada de decisão em relação ao outsourcing em três fases:

- Fase de preparação: a fase de preparação envolve a seleção da equipes para selecionar os fatores para a tomada de decisão e a descrição detalhada do objeto de estudo (produto ou processo).
- Coleta de dados: a fase de coleta de dados envolve a definição de uma visão holística para a determinação dos fatores importantes para a tomada de decisão. O objetivo é definir quais são os fatores mais importantes para a empresa. Isto pode ser feito por atribuição de pesos aos fatores mais importantes, em conjunto com a modelagem dos fatores por áreas (por exemplo, a abordagem da modelagem multifuncional e custos).
- Análise dos resultados: constitui-se da análise dos resultados obtidos, envolve a análise criteriosa dos fatores considerados na fase de coleta de dados, definindo onde estão os maiores desvios e contradições para a tomada de decisão. Por exemplo: a manufatura indicou como vantagem a compra e a logística como desvantagem. As contradições devem ser estudadas em maior profundidade, tendo em mente que também depende dos recursos disponíveis para novos investimentos na organização.

No modelo de Platts et al. (2002) para a tomada de decisão existe a necessidade de identificar os fatores considerados para a tomada de decisão.

A partir da revisão da literatura, independente da classificação dos tipos de modelos para a decisão fazer versus comprar, buscou-se listar quais eram os fatores considerados para a tomada de decisão sobre o outsourcing, estes são listados na Tabela 1.

A Tabela 1 foi elaborada com base na literatura de outsourcing e gerenciamento da cadeia de suprimentos, em que foram levantados os aspectos importantes para a tomada de decisão de fazer versus comprar, sob diferentes abordagens encontradas na literatura.

2.1.3 Implementação do *Outsourcing*

O estágio de implementação do *Outsourcing* está vinculado aos processos apresentados na Figura 1 de Gerenciamento de relacionamento (ou parcerias) e de Gerenciamento de mudanças. Para cada um destes gerenciamento são aplicadas diferentes técnicas.

O Gerenciamento de relacionamento busca estabelecer e classificar o tipo de parceria que a empresa terá com cada fornecedor. O modelo de Lambert et al (1996), apresentado em Santos (2008), divide os tipos de relacionamento em seis:

FATORES A SEREM CONSIDERADOS	DESCRIÇÃO
1. Competências essenciais	Definem competências essenciais como algo que a empresa sabe fazer. De preferência melhor que seus concorrentes e seus fornecedores. (Quinn & Hilmer, 1994; Collins et al., 1997; Fine, 1999; McDermott & Handfield, 2000; Tayles & Drury, 2001; Zhu et al., 2001; Vernalha & Pires, 2005)
2. Geográfica	É mensurável pela distância física, mesmo as tecnologias de comunicação tenham reduzido, em muitos casos, a importância da geografia, ainda tem uma forte influência sobre as decisões do outsourcing. Por exemplo: em projeto de produtos integrados. (Collins et al., 1997; Fine, 1999; Veloso & Fixson, 2001; Vernalha & Pires, 2005)
3. Organizacional	Está relacionada com os níveis gerenciais estabelecidos. Níveis hierárquicos na organização. Além disso, envolve a estrutura organizacional interna, funcional ou uma visão por processos de negócios. (Fine, 1999; McDermott & Handfield, 2000; Zhu et al., 2001; Vernalha & Pires, 2005)
4. Cultural	A proximidade cultural captura os elementos comuns de linguagem, costumes empresariais, padrões éticos e legais entre outros. (Quinn & Hilmer, 1994; Fine, 1999; Vernalha & Pires, 2005)
5. Tecnologia de informação	A eletrônica ou virtual se manifesta por meio dos recursos de e-mail do intercâmbio eletrônico de dados, intranets e outros meios que facilitam a comunicação. (Fine, 1999; Handfield & Nichols Jr, 2002)
6. Custos/ Financeiro	Custos da manufatura interna e externa (custo de produção e aquisição); os custos e investimentos em ativos fixos e capital intelectual; licenciamento de tecnologias; retornos de investimentos esperados; custos de transações. (Williamson, 1991; Collins et al., 1997; McDermott & Handfield, 2000; Tayles & Drury, 2001)
7. Qualidade/ melhoria contínua	A qualidade e confiabilidade dos produtos; os programas de qualidades (saúde, segurança, produto, meio ambiente, social e outros). (Collins et al., 1997; Fine, 1999; Swan & Allred, 2003)
8. Logística	A capacidade do sistema logístico dentro dos requisitos estabelecidos. A existência de planos de contingência. (Collins et al., 1997; Fine, 1999; Veloso & Fixson, 2003)
9. Tecnológica/ Know how	Tecnologias principais (produto e equipamento), taxa de mudança tecnológica do fornecedor, Capital intelectual existente e futuro. Alinhamento tecnológico com o fornecedor. (Collins et al., 1997; Fine, 1999; Zhu et al., 2001; McCarthy & Anagnostou, 2004)
10. Capacidade	A capacidade de produzir e atender as variações da demanda. (Collins et al., 1997; Fine, 1999; McDermott & Handfield, 2000)
11. Estratégias da empresa	Redução do tempo: desenvolvimento de produtos, manufatura, logística. Tipo de relacionamento com o fornecedor. (Quinn & Hilmer, 1994; Collins et al., 1997; Fine, 1999; Tayles & Drury, 2001; Veloso & Fixson, 2001; Zhu et al., 2001; Swan & Allred, 2003)
12. Responsabilidade	Grau de risco e confiança fornecedor. (Veloso & Fixson, 2001; Zhu et al., 2001; Swan & Allred, 2003; Vernalha & Pires, 2005)
13. Equipes	O envolvimento de equipes multifuncionais para a tomada de decisão. (Fine, 1999; McDermott & Handfield, 2000)
14. Agregação de valor	Estudo das atividades que adicionam valor para o cliente. Conhecimento das atividades que geram valor para os clientes. (Quinn & Hilmer, 1994; Collins et al., 1997; Fine, 1999; McCarthy & Anagnostou, 2004)
15. Velocidade evolutiva do setor	A velocidade evolutiva usa indicadores pesquisados nas áreas técnicas e gerenciais de várias empresas. Para produto: mudanças no determinado modelo de produtos (inovação incremental), a frequência de mudança nos conceitos dominantes (inovação radical); para o processo: introdução de paradigmas dominantes (produção em massa, produção enxuta); tecnologia de processo (inovação incremental ou radical de processo); organizacionais: intervalo de substituição dos gerentes estratégicos e as mudanças na sociedade. (FINE, 1999; Zhu et al., 2001)
16. Ciclo de vida do produto	O nível de maturidade do produto no mercado. (FINE, 1999; Zhu et al., 2001)

Tabela 1 - Fatores considerados no processo de decisão sobre o *outsourcing*. Fonte: Santos (2008)

- *Arm's length ou acordos comerciais*: o relacionamento é meramente comercial, efêmero, sem nenhum tipo de compromisso adicional.
- *Tipo 1*: as empresas envolvidas reconhecem-se mutuamente como parceiras e, dentro de determinados limites, coordenam conjuntamente o planejamento e as atividades. Geralmente, essas parcerias são de curto prazo e envolvem somente uma divisão ou área funcional dentro da empresa.
- *Tipo 2*: as empresas envolvidas avançam da coordenação de atividades para a integração de atividades. Embora sem a pretensão, essas parcerias acabam tendo uma longa duração e envolvem várias divisões em cada uma das empresas nela envolvidas.
- *Tipo 3*: as empresas compartilham um significativo nível de integração operacional e cada uma vê a outra como uma extensão dela própria. Geralmente têm a pretensão e acabam tendo uma longa duração.
- *Joint Ventures*: envolvem o investimento e a posse de ativos comuns às duas empresas, geralmente caracterizando a criação de uma terceira empresa.
- *Integração vertical*: é o caso extremo de relacionamento, envolvendo a posse de ativos por parte da empresa proprietária. Envolve a incorporação de processos da cadeia de suprimentos por parte de uma empresa, geralmente via fusão, aquisição ou crescimento.

Já o Gerenciamento de mudanças, há a necessidade de uma maior interação entre as empresas (fornecedores e clientes) para trabalharem juntas, para que os objetivos traçados sejam alcançados dentro do tempo planejado.

A implementação de uma atividade outsourcing poderá envolver mudanças tanto em termos tecnológicos quando organizacionais. No caso da empresa cliente, geralmente é gerado um ambiente de inquietude, devido à sensação de perda de seus colaboradores (SANTOS, 2008).

2.1.4 A Gestão do *Outsourcing*

A gestão do *Outsourcing* está relacionada às atividades rotineiras da empresa em relação ao relacionamento com o fornecedor.

Lambert (2004) separa o processo de relacionamento com os fornecedores em atividades estratégicas e operacionais. As atividades estratégicas são conduzidas por uma equipe multifuncional com representante das diversas áreas da empresa ou até mesmo da cadeia de suprimentos, os fornecedores. As atividades operacionais são conduzidas pela

equipe de gerenciamento do processo de relacionamento com o fornecedor no dia a dia de trabalho (SANTOS, 2008).

2.2 O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

Nesta parte da revisão pretende-se apresentar resumidamente o que é um PDP e de que forma ele está envolvido com o processo de tomada de decisão fazer *versus* comprar.

Primeiramente é importante definir o que é o Processo de Desenvolvimento de Produto. Segundo citações em Santos (2008): Ulrich & Eppinger (2000, p. 14) relatam que o processo de desenvolvimento de produtos é uma sequência de passos de atividades, que uma empresa emprega para conceber, projetar e comercializar um produto, sendo que muitas dessas atividades são intelectuais e organizacionais, com o propósito de entregar um produto físico: Otto & Wood (2000, p. 5) definem o processo de desenvolvimento de produtos como o conjunto de atividades necessárias para levar um conceito de um produto a um estado de produto disponível no mercado. Desde aspirações iniciais para um novo produto, atividades de análises, esforços de marketing, atividades técnicas de projeto de engenharia, plano de manufatura, validações do projeto do produto e outras, podendo incluir as estratégias de canais de marketing e a introdução do novo produto.

Segundo Fine (1996), para que uma empresa delimite de forma eficiente o seu processo de compras é necessário ter um projeto de desenvolvimento de produto mapeado. As principais etapas do fluxo do processo de desenvolvimento de produtos para o Processo de desenvolvimento de produtos são apresentadas na Figura 2.

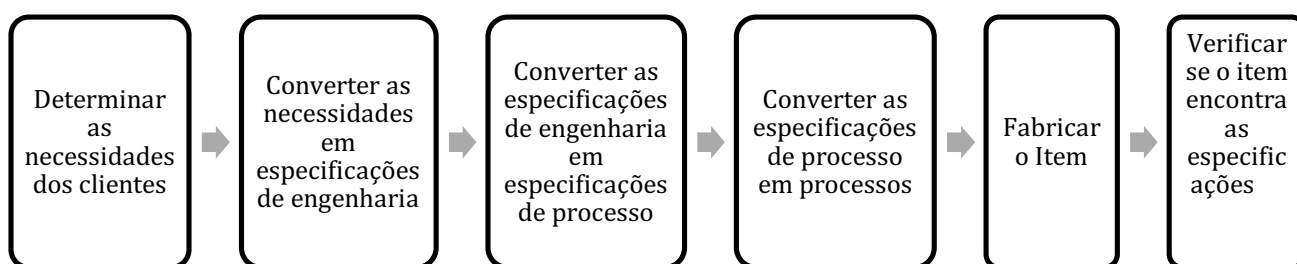


Figura 2 – Etapas do fluxo do processo de Desenvolvimento de Produto. Fonte: Fine (1996)

As etapas do fluxo do PDP, simplificado, apresentado por Fine (1996) enfatiza o constante detalhamento dos requisitos e necessidades.

A empresa deve transformar as necessidades dos clientes em especificações de engenharia, ou seja, converter as necessidades dos clientes em requisitos do produto, como tamanho, peso, funcionalidades, etc. O processo começa orientado para os requisitos do

cliente que são desdobrados em sub-requisitos e requisitos de componentes. A terceira etapa tem por objetivo a conversão das especificações de engenharia (requisitos com valores metas) em especificações de processo, que, em poucas palavras, é a maneira que essas especificações serão atingidas, ou fabricadas. A quarta etapa é a efetivação da especificação de processo, transformando-as em de fato processos produtivos. Os próximos dois passos são a fabricação do produto e a verificação se o item se encontra de acordo com as especificações.

Outro modelo também utilizado como referência no desenvolvimento de produtos é o modelo proposto por Rozenfeld (2006). Segundo Santos (2008), o diferencial do modelo de referência para o PDP proposto por Rozenfeld et al. (2006) é a integração dos conhecimentos de três grupos de pesquisas para a elaboração de um modelo unificado. Esta integração de conhecimentos envolveu a união de metodologias, estudos de caso, modelos, e melhores práticas desenvolvidas nos últimos anos pelos grupos de pesquisa envolvidos.

O modelo está direcionado para empresas de manufatura de bens de consumo duráveis e de capital. O mesmo pode ser compreendido e visualizado por meio de todas as atividades, internas à empresa, que participam da função de traduzir o conhecimento sobre as necessidades do mercado e as oportunidades tecnológicas e as estratégias da empresa, em informações para a produção, distribuição e uso, manutenção e descarte do produto, considerando todo o seu ciclo de vida do produto (SANTOS, 2008).

O modelo está dividido em macro-fases, ilustrado na Figura 3, Pré- Desenvolvimento, Desenvolvimento e Pós-Desenvolvimento. As macro-fases de Pré e Pós- Desenvolvimento são genéricas e podem ser utilizadas em outros tipos de empresa com pequenas alterações. A macro-fase de Desenvolvimento enfatiza os aspectos tecnológicos correspondentes à definição do produto em si, suas características e forma de produção. Portanto, tais atividades são dependentes da tecnologia envolvida no produto (SANTOS, 2008).

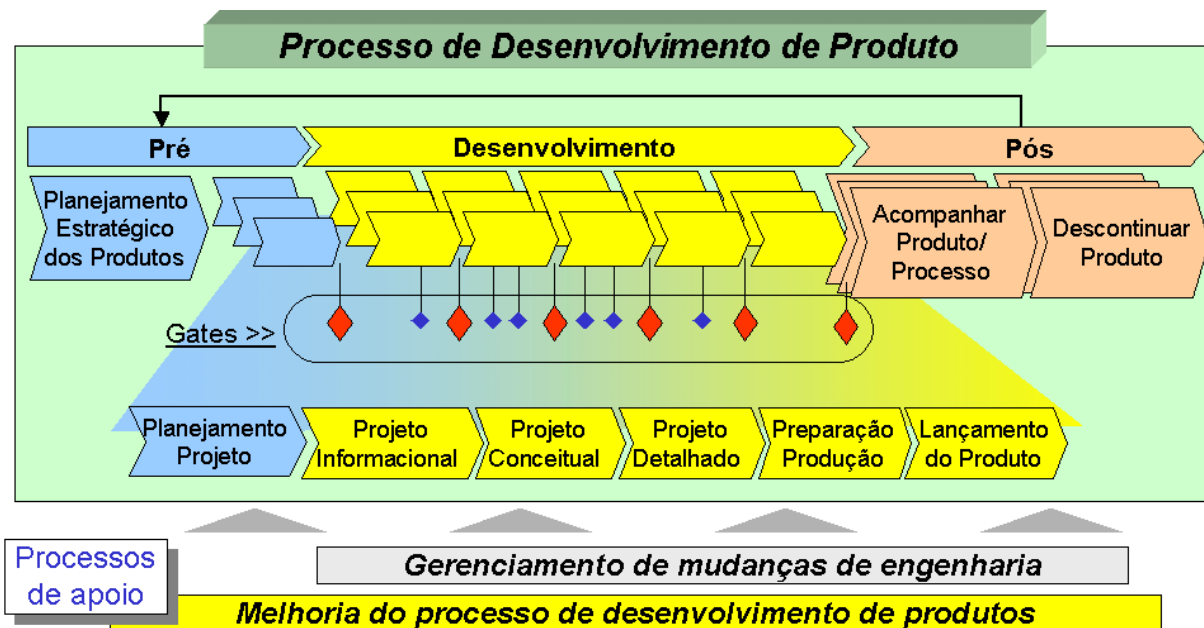


Figura 3 - Visão geral do modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos. Fonte: Rozenfeld et al. (2006, p.44)

Ainda segundo Santos (2008), a macro-fase de pré-desenvolvimento é desdobrada em: Planejamento Estratégico dos Produtos e Planejamento do Projeto, onde estão envolvidas as decisões estratégicas do projeto de negócio do produto. A macro-fase de desenvolvimento, domínio de conhecimento do projeto de engenharia está desdobrado em cinco fases: projeto informacional, projeto conceitual, projeto detalhado, preparação para produção e lançamento do produto. A macro-fase de pós-desenvolvimento está desdobrada em: acompanhamento do produto no mercado e retirada do produto do mercado.

O que determina uma fase é um conjunto de resultados em um determinado período do projeto, o qual sofrerá uma avaliação sobre o andamento do projeto, antecipando problemas e gerando aprendizado, deve ser realizado por meio de um processo formalizado conhecido como transição ou “gate”. Este provesso de “gate” é um conjunto de atividades que se repetem durante as fases do modelo de referência, as quais são chamadas pelos autores de atividades genéricas (ROZENFELD et al., 2006), ilustradas na Figura 4.

Inicialmente, em cada uma das fases, ocorre à atualização do plano do projeto, em seguida ocorrem às atividades específicas de cada fase. O monitoramento da viabilidade econômico-financeira é realizado durante o desenvolvimento da fase, nos momentos em que novas decisões possam comprometer os resultados do estudo de viabilidade, ou seja, suas premissas e indicadores definidos e calculados no planejamento do projeto. No entanto, a atualização do estudo de viabilidade é formalmente realizada e documentada ao final de cada fase, antes da sua revisão (“gate”), pois a nova versão deste estudo fornece informações

importantes para as tomadas de decisão do gate. Em seguida, realiza-se a revisão de fase (o gate propriamente dito). A primeira é a auto-avaliação, quando a própria equipe de desenvolvimento aplica o método de revisão, verificando se todos os critérios de passagem foram atendidos e se eles podem se submeter ao processo de aprovação. Em caso positivo, na segunda atividade da revisão, os responsáveis pelo projeto participam da avaliação e aprovam ou não a fase, permitindo que o projeto continue. Por fim, todas as decisões tomadas durante a realização da fase e durante a revisão, assim como as lições aprendidas, são formalmente documentadas.

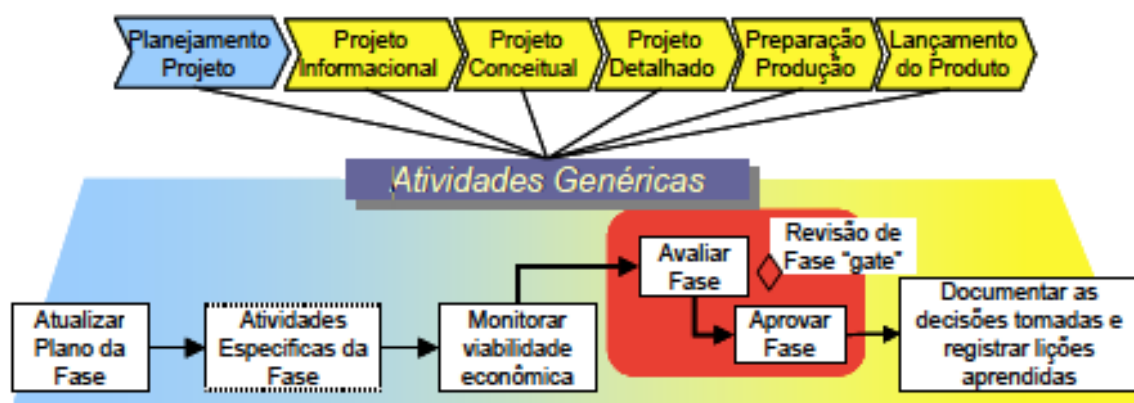


Figura 4 - Atividades genéricas das fases do modelo de referência. Fonte: ROzenfeld et al. (2006, p. 106)

Assim, detalhando o macroprocesso de desenvolvimento, na fase do projeto informacional temos o arrolamento das informações necessárias sobre o projeto além de interpretar tais informações; segundo Romeiro et al. (2009) esta fase “transforma a saída da fase anterior em especificação do projeto”, além de minudenciar os requisitos do produto (SALES 2010).

Ainda segundo o Sales (2010), posteriormente vem a fase de projeto conceitual, onde são feitas as descrições (modelagens) das funções que o produto precisa apresentar, sem levar em consideração como tais funções serão estruturadas. Em seguida são propostas as soluções possíveis para as funções do produto e feito o arranjo esquemático do produto. A fase finaliza pela busca da forma geométrica e estética do produto.

Na fase de projeto detalhado são feitos os testes necessários, criação de material de suporte, o projeto de embalagem do produto; os processos de fabricação do produto e são ainda planejados além da documentação e a homologação do produto. Basicamente esta fase possui três ciclos: ciclo de detalhamento (criar e detalhar sistemas e componentes), ciclo de aquisição (desenvolvimento de fornecedores) e ciclo de otimização (avaliar os sistemas e componentes e configurar e documentar os processos e produto).

Por fim em conjunto com a fase de detalhamento ocorre a fase de preparação da produção onde os recursos são mobilizados. A partir desta fase inicia-se as prototipagens.

Encerrando o macroprocesso de desenvolvimento advém a fase de lançamento do produto, onde além de documentar as melhores práticas, são estruturadas as atividades de comercialização, vendas, o arranjo logístico de distribuição do produto, o atendimento e pós atendimento ao cliente e a assistência técnica. Finalmente, o produto é então lançado no mercado (SALES 2010).

O macroprocesso de pós-desenvolvimento contém duas fases, a saber: fase de acompanhar o produto/processo, na qual são feitas avaliações da satisfação do cliente e do desempenho técnico do produto, além de auditorias de processos e arrolamento das lições aprendidas. Nesta fase também são documentadas as melhorias ocorridas no produto e, fechando o macroprocesso de pós-desenvolvimento, sucede a fase de descontinuar o produto que envolve a análise acerca da retirada sistemática do produto do mercado. Além disso, segundo Romeiro et al. (2009) “os processos de logística reversa são estabelecidos para o recebimento do produto e são feitas a avaliação final e o encerramento do projeto” (SALES 2010).

Os processos de suporte do PDP, gestão das mudanças de engenharia e melhoria do PDP relacionam-se respectivamente com o produto e o processo que estão sendo projetados. De forma resumida, podemos dizer que quando há a necessidade de se efetuar alguma alteração no produto em questão, estamos falando do processo de suporte de mudanças de engenharia e quando estivermos falando de mudanças no processo de desenvolvimento de produtos (PDP) estamos nos referindo ao processo de suporte de melhoria do PDP. Percebe-se aqui que Rozenfeld et al. (2006) usaram esta diferenciação entre mudança e melhoria para facilitar o entendimento acerca dos dois processos de suporte e seu campo de abrangência (SALES 2010).

Diante dos macroprocessos e fases expostas detalhadas acima, é fato que o processo de desenvolvimento de um novo produto é uma atividade vasta e complexa, que deve integrar toda a empresa. Segundo Rozenfeld et al. (2006), nas fases iniciais do PDP, as principais soluções e especificações do produto (componentes, tecnologias a serem usadas, processos de manufatura, etc.) são concebidas e respondem por cerca de 85% do seu custo final, e são nessas fases que é possível ter um maior grau de incerteza sobre o produto, sobre o processo e sobre seu desempenho no mercado (SALES 2010).

2.2.1 Arquitetura de Produto

Santos & Forcellini (2007) e Ulrich (1995) definem arquitetura do produto como o esquema em que as funções do produto são alocadas em componentes físicos. Isto envolve o desdobramento funcional do produto, o mapeamento dos elementos funcionais em componentes e as interfaces entre os componentes. Dependendo da interdependência e compartilhamento entre as interfaces, a arquitetura de um produto pode variar de integral para modular. Em uma arquitetura de produto integral, as interfaces entre os componentes são acopladas, mudanças em um componente não podem ser feitas sem gerar mudanças nos outros componentes. No lado oposto, tem-se a arquitetura modular usada como uma estratégia de flexibilidade para um grande número de variações de produtos (MIKKOLA, 2003).

Santos & Forcellini (2007) argumentam que a modularização dos produtos permite não apenas a padronização, que é essencial para a economia de escala, mas também a criação de inúmeras possibilidades de combinação de componentes para construção de produtos. Entretanto, a maior parte dos estudos na área de projeto modular se focam em arquitetura de produtos únicos.

No contexto de um PDP, a decisão da arquitetura e modularização de um produto surge na etapa de Projeto Conceitual, no modelo proposto por Rozenfeld et al (2006), onde após um estudo das tecnologias disponíveis são utilizadas técnicas que auxiliam na tomada de decisão, quanto a funcionalidade dos componentes, e se estes devem estar juntos ou não e de que forma.

Dentro deste contexto existe a modularização dos componentes e subsistemas. Segundo Bernardes (2012), a arquitetura modular projeta o produto, cada um de seus módulos, respectivos componentes e a relação operacional entre eles. É nesta etapa que o papel de cada subsistema é especificada, bem como suas interfaces. Na modularização no projeto, as arquiteturas modulares auxiliam as empresas a concorrer ao longo das dimensões que são mais relevantes, possibilitando um crescimento na individualização do consumo, a adaptação tecnológica cada vez mais rápida e a necessidade de adequação de diversos fornecedores.

Para o contexto de desenvolvimento de fornecedores a modularização do produto possibilita a integração de partes, sistemas e subsistemas, auxiliando a empresa a combinar os melhores componentes de seus fornecedores. A modularização também auxilia quanto a qualidade dos módulos, uma vez que a empresa tem a possibilidade de escolher os melhores fornecedores para cada um de seus módulos.

Segundo citação em Parente et al, (2011) em Bernardes (2012), a modularização do produto leva uma alocação mais eficiente dos recursos, por meio da economia de escala, lead time de ordem reduzida e mecanismos de controle simplificados. Esta eficiência deixa mais recursos dentro da empresa, especialmente em termos de conhecimento e de gestão pericial, que são recursos necessários para o desenvolvimento de novos produtos. Assim, a integração com modularização do produto também permite uma maior absorção dos ativos da cadeia de suprimentos exclusivos ou recursos.

A modularização está bastante presente nos sistemas de produção em massa, onde é comum, por exemplo, a produção de subsistemas em fábricas diferentes e a montagem em uma fábrica. Um exemplo prático deste tipo de modularização acontece na fábrica da Renault em Curitiba. A fábrica de carros trabalha em um sistema de *just in time* com a Faurecia Automotiva do Brasil, delegando a esta empresa a fabricação do módulo dos bancos estofados e posteriormente a Renault faz a montagem deste módulo no carro. Da mesma forma ocorre também com outros módulos como ar condicionado, direção hidráulica, motores e etc.

Carnevalli et al, (2011) coloca que os principais benefícios da modularidade na produção são a diminuição da linha principal de montagem, melhoria do controle de qualidade, da ergonomia dos equipamentos e dos postos de trabalho, redução do tempo de produção pelos módulos, pois podem ser fabricados e montados de forma independente e redução de estoque, e pela sincronização da linha de montagem.

Além disso, a decisão quanto a modularização do produto deve considerar o ciclo de vida do produto. Segundo Santos (2008), na fase de projeto de produto o enfoque da abordagem de modularização tem por objetivos reduzir os recursos e tempo de desenvolvimento do produto, atendendo a funcionalidade do mesmo.

A definição dos sistemas e subsistemas do projeto de produto já é um passo avançado em um PDP, uma vez definido os requisitos de engenharia e, desenvolvidos os sistemas a empresa tem uma importante decisão a ser tomada: se converte esses requisitos de engenharia em requisitos de processos e montagem do produto, ou se terceiriza essa função para outras empresas.

2.3 O PROCESSO DE DECISÃO FAZER *VERSUS* COMPRAR

Há na literatura diversos modelos de se estruturar a decisão fazer *versus* comprar. Estas estruturas auxiliam na tomada de decisão, apontando o que a empresa deve fazer desde a captação de requisitos até as verificações de qualidade.

2.3.1 Modelo focado nos conceitos de engenharia

No modelo com foco nos conceitos de engenharia, o processo de *outsourcing* pode ocorrer em diferentes fases do processo de desenvolvimento e manufatura (Figura 5). Quando existem fornecedores competentes, dilui-se a importância de projetar e/ou produzir tais subsistemas internamente. Mesmo assim, Fine (1998) recomenda preservar a arquitetura do conhecimento, ou seja, a memória técnica da capacidade terceirizada, e controlar seu desempenho permanentemente. A Toyota é uma referência nesse processo de desenvolvimento e utilização de capacidades, pois embora possua diversas capacidades terceirizadas, a empresa preserva a liderança tecnológica de todas as capacidades que considera críticas na sua cadeia de fornecimento.

Segundo Fine & Whitney (1996), este modelo se baseia em quatro conceitos: a competência principal da empresa; o Processo de Desenvolvimento do Produto; a engenharia de sistemas; a arquitetura e modularização do produto e o projeto da cadeia de suprimentos.

McIvor (2005) defende como início do processo de *outsourcing* a identificação da principal competência da empresa (*core competence*). Segundo o autor há uma dificuldade em se identificar qual o principal papel das empresas. Devido a essas dificuldades várias empresas acabam cortando investimentos ou investindo em equipamentos e em novos departamentos que poderiam ser competência de outros fornecedores.

O modelo utiliza um Processo de Desenvolvimento de Produto e defende que o conhecimento deste é também de extrema importância, uma vez que as alternativas para realizar o *outsourcing* estão entre as fases do PDP.

Seguindo a linha de desenvolvimento de produto apresentada no capítulo anterior a Figura 5 ilustra as opções de *outsourcing* que as empresas possuem dada as diversas fases do desenvolvimento do produto.

Fine & Whitney (1997) sugerem, como mostra a análise da Figura 5 que existem algumas saídas para se realizar o *outsourcing*. Uma empresa pode optar, baseado em seus conhecimentos quanto a sua competência principal, qual destas decisões tomar. Os passos principais (apresentados em azul) são os passos do Processo de Desenvolvimento de Produto abordado pelos autores. Já os passos que representam as saídas de cada uma das fases são ações que devem ser tomadas em referência ao fornecedor.

Esse processo é repetido várias vezes durante o desenvolvimento de um produto, cada vez que os sistemas são decompostos em subsistemas, há uma reconsideração quanto a

modularização e quanto a decisão de fazer ou comprar estes componentes até que se encontre uma opção que esteja em conformidade com as especificações.

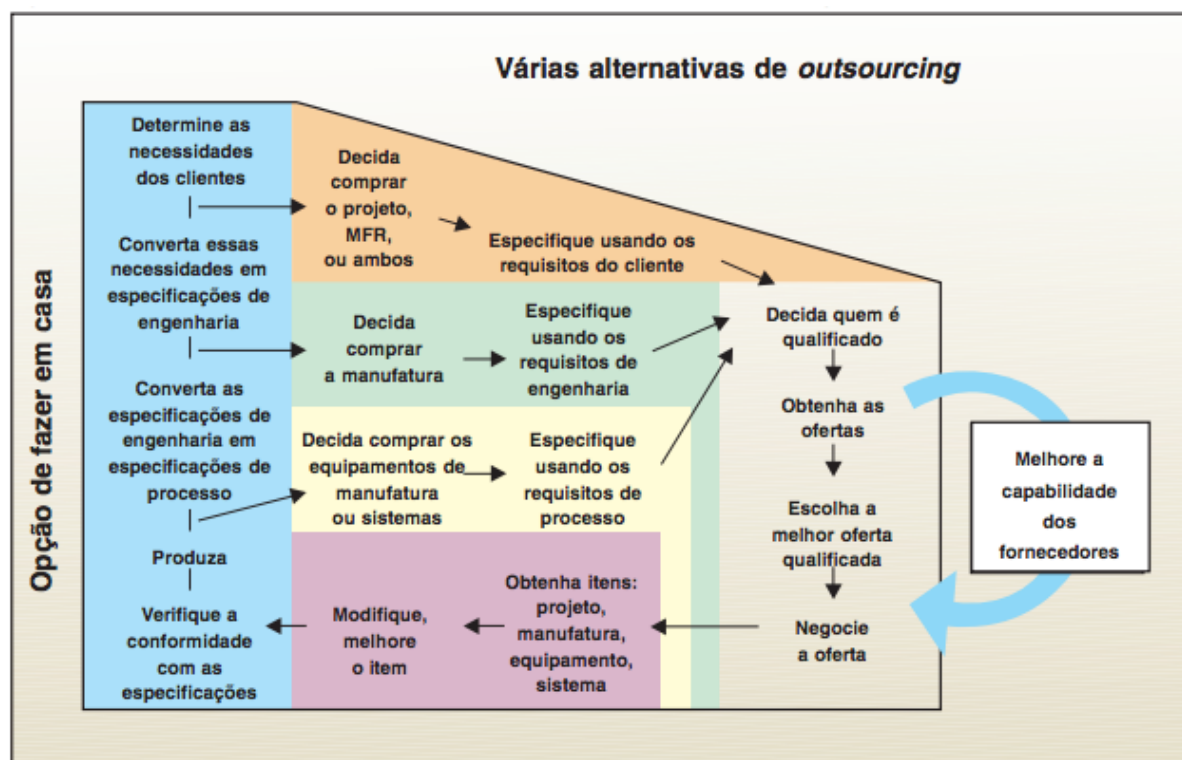


Figura 5 - Modelo baseado nos conceitos de engenharia. Fonte: Di Serio (2001)

2.3.2 Modelo focado nas competências essenciais

Quinn & Hilmer (1994) apresentaram estratégia de outsourcing, com o propósito de identificar atividades que podem ser desenvolvidas por fornecedores externos, com o objetivo que as empresas foquem-se em suas competências essenciais. Os autores definem como competências essenciais como algo que a empresa sabe fazer, considerando-se os seguintes aspectos (SANTOS, 2008):

- 1) *Habilidade ou conjunto de conhecimentos, não são produtos ou funções*: competência envolve atividades como projeto do produto ou serviço, criação tecnológica, service ao cliente, ou logística que tende a ser baseada no conhecimento do lugar da propriedade intelectual ou de ativos.
- 2) *Flexibilidade, plataformas de desenvolvimento em longo prazo capazes de adaptar a evolução*: construir habilidades dominantes em áreas que continuarão tendo valor para o cliente em longo prazo. Estas habilidades devem ser flexíveis para reavaliar as necessidades das tendências e mudanças necessárias nas principais competências.

- 3) *Apresentam-se em número limitado*: muitas empresas têm como alvo em dois ou três, não mais que cinco atividades, na cadeia de valor que são críticas para o sucesso futuro da empresa.
- 4) *Única fonte de entrega na cadeia de valor*: existem imperfeições ou intervalos de conhecimento em que a empresa é a única qualificada para preencher a lacuna existente.
- 5) *Áreas em que a empresa pode dominar*: setores em que as empresas têm maior domínio. Ou seja, cada empresa está competindo com todos os potenciais fornecedores de cada atividade na cadeia de valor. Muitas empresas empregam a estratégia de verticalização para manter seu domínio no mercado.
- 6) *Possui os elementos para identificar as necessidades dos clientes em longo prazo*: compreende as necessidades do cliente e se antecipa as tendências no mercado.
Faz parte dos sistemas da organização: não depende exclusivamente das competências individuais das pessoas.

Para Leonard-Barton (1992) as competências essenciais relacionadas com o processo de desenvolvimento de produtos apresentam quatro dimensões (SANTOS, 2008):

- 1) *Conhecimento e habilidades*: geralmente compreendidos pelas diversas abordagens de competências essenciais. Envolve a necessidade de conhecimento técnico científico.
- 2) *Sistemas técnicos*: resulta da codificação do conhecimento tácito acumulado ao longo dos anos (transformação em conhecimento implícito). Este conhecimento constitui-se em base de dados sobre o processo produtivo, testes de produtos, entre outros.
- 3) *Sistemas de gerenciamento*: representa os caminhos formais e informais que a organização utiliza para ter acesso às informações (apresentação programas de treinamento ou rede com parceiros entre outros)
- 4) *Valor*: a interseção das três dimensões anteriores gera a quarta dimensão, o valor dos conhecimentos dentro da organização, que poderão ser classificados como: único, distinto, difícil de imitar ou superior à concorrência.

Com base na definição das competências essenciais, a empresa define o que será feito ou comprado ou desenvolvido em conjunto com o fornecedor, elaborando suas estratégias de longo e curto prazo. Neste trabalho, entende-se que a estratégia de outsourcing é a forma como as empresas se organizam para completar suas capacidades específicas, com o objetivo de adicionar valor aos seus produtos, de modo mais rápido, com menores custos e com melhor qualidade (SANTOS, 2008).

É importante perceber que os dois modelos, apresentados nas seções 2.3.1 e 2.3.2, não são excludentes, pelo contrário, podem ser aplicados em conjunto para obter melhores análises e resultados.

2.3.3 Modelo McIvor

O modelo de McIvor defende que inicialmente a empresa entenda os custos envolvidos no processo de *outsourcing*. Segundo o autor, em um contexto industrial, o processo tem apresentado aumento considerável nos custos da empresa.

Para tanto, o autor lista os custos escondidos do processo de outsourcing e defende que estes devem ser levados em conta na tomada de decisão, conhecidos também como custos de transação:

1. *Procura e contratação*: Custos associados com a identificação, avaliação, negociação e seleção de fornecedores. Muitas empresas erram na estimativa de deslocar esforços de suas equipes internas para este tipo de pesquisa
2. *Transição para o novo fornecedor*: Custos envolvendo a atividade de adaptação dos sistemas da empresa, bem como a adaptação das equipes às novas relações e canais de comunicação.
3. *Transição após o outsource*: Custos associados à uma nova troca de fornecedores ou reintegrando o processo novamente a fábrica. Estes acontecem no caso de alguma falha no processo.

Além dos custos de transação, McIvor também ressalta a importância apresentada no item anterior de que a empresa deve ter total conhecimento de suas principais funções e competências. Após estas análises preliminares, McIvor (2008) divide o processo de *outsourcing* em seis estágios:

1. *Determinar as fronteiras da organização*: Este estágio consiste em identificar as atividades-chaves que terão que ser efetuadas a fim de entregar o produto ao cliente final, desde a concepção à inserção no mercado. Esta análise se baseia basicamente na identificação das atividades do processo de desenvolvimento de produto que podem ou não serem desenvolvidas dentro da empresa.
2. *Análise da importância da atividade*: Neste estágio, avalia-se o nível de importância das atividades envolvidas na criação e distribuição dos produtos da empresa. Para esta análise utiliza-se de conceitos como o Fator Crítico de Sucesso (que identifica as principais características do serviço da empresa) e as identificações de agregação de valor para os consumidores

3. *Análise de capacidade*: Uma vez identificado o nível de importância das atividades é necessário analisar a capacidade da organização nestas atividades em relação a potenciais fontes externas e concorrentes. Deve-se comparar custos e a relevância das atividades no processo, buscando identificar a disparidades entre a empresa e seus concorrentes e parceiros. Para realizar a comparação, é necessário compreender qual o tipo da vantagem que a empresa possui (ou seus parceiros e concorrentes) e qual a fonte desta vantagem. McIvor apresenta uma tabela que busca relacionar estas duas variáveis, apresentada na Tabela 2 a seguir:

Atividades	Tipo de vantagem	Potencial fonte da vantagem	Recursos
<ul style="list-style-type: none"> • Operações • Distribuição • Gerenciamento da cadeia de suprimentos • Propaganda e vendas • Serviço pós venda • Desenvolvimento de produto • Recursos Humanos 	<ul style="list-style-type: none"> • Custo • Qualidade • Serviços • Tempo de entrega • Confiabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Economia de escala • Experiência • Localização • Parcerias 	<ul style="list-style-type: none"> • Infraestrutura • Equipamento • Pessoas • Finanças • Relacionamentos • Reputação

Tabela 2 - Relação entre atividades, vantagens e recursos. Fonte: McIvor (2008, p. 75) (adaptado)

4. *Análise estratégica das opções*: Nesta etapa, busca-se determinar qual a estratégia da empresa em relação ao outsourcing. Segundo McIvor (2008) estas estratégias se dividem em quatro cenários: o primeiro quando o fornecedor é mais capaz de realizar a atividade do que a empresa, para uma atividade crítica; o segundo quando a organização é mais competente que qualquer outro fornecedor para realizar a atividade crítica; o terceiro e o quarto são semelhantes ao primeiro e o segundo porém se trata de atividades não críticas. Para estes cenários, a lógica do processo é a mesma que a vista anteriormente, focando na realização da atividade crítica, se é competência da empresa esta é realizada internamente, caso contrário é feito o *outsourcing*. Já para as atividades não críticas deve-se analisar custos e outras variáveis.
5. *Análise estratégica do relacionamento com o fornecedor*: No quinto estágio busca-se estabelecer o tipo de estratégia que será realizada com o fornecedor, caso se opte em realizar o processo de *outsourcing*. O autor classifica as relações em:

- Competição colaborativa: muito comum quando o mercado para os fornecedores é muito competitivo, quando há vários fornecedores procurando oportunidades de negócio. Nesta situação, há um forte poder de barganha e é possível mudar de fornecedor caso este não seja mais o líder do mercado
 - Colaboração próxima: melhor do que ter vários fornecedores competindo pelo mercado, é estabelecer um forte relacionamento de longo prazo com um destes fornecedores.
6. *Estabelecer, avaliar e gerenciar o relacionamento*: o último estágio está focado na implementação do *outsourcing*. As atividades envolvidas neste processo são:
- *Seleção dos fornecedores*: a seleção dos fornecedores deve estar alinhada as estratégias estabelecidas. Selecionar os fornecedores envolve a análise de toda a estratégia bem como o estabelecimento de critérios sobre o custo, qualidade, confiabilidade, tempo de entrega, dentre outros.
 - *Contratações*: As empresas que desejam fazer o *outsourcing* devem ter um bom conhecimento sobre os procedimentos legais associados à esta prática. Os contratos devem ser realizados buscando vantagens nos pagamentos e outros fatores.
 - *Gerenciamento do relacionamento*: Uma vez pronto os contratos e a atividade em plena realização, é necessário haver equipes responsáveis para estarem sempre em contato com o fornecedor buscando melhorar o relacionamento entre as partes
 - *Avaliação de performance*: É necessário também estar sempre preocupado com os indicadores de performance do processo que está sendo delegado ao fornecedor, sempre verificando a conformidade do que foi pedido além de realizar análises quanto a força da barganha com o fornecedor bem como o nível de dependência.

2.4 ENVOLVIMENTO DO FORNECEDOR

Outra abordagem interessante quando falamos de fornecedores é o envolvimento com os clientes. A abordagem apresentada por Calvi et al (2001), no trabalho de Santos (2008), divide o envolvimento dos fornecedores em 5 níveis definidos pela responsabilidade do fornecedor e o risco de desenvolvimento, conforme a Figura 6 a seguir:

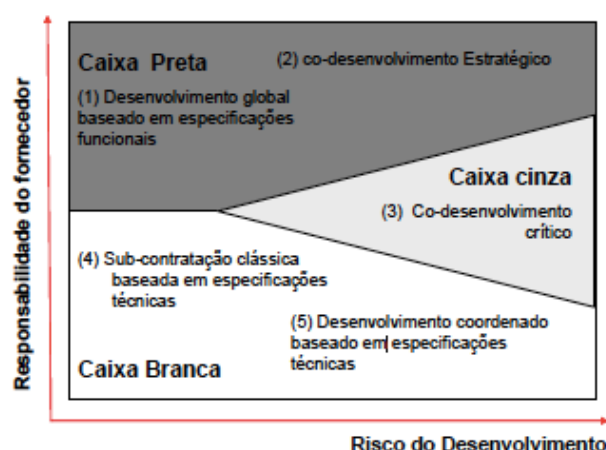


Figura 6 - Cinco possíveis tipos de envolvimento do fornecedor. Fonte: Santos (2008)

O objetivo deste modelo é auxiliar na descrição dos elementos críticos que influenciam na problemática do envolvimento do fornecedor em como gerenciar o envolvimento colaborativo entre o fornecedor e a empresa. SANTOS (2008)

Os cinco possíveis tipos de envolvimento do fornecedor identificados são:

1. *Desenvolvimento global baseado em especificações:* esta situação é chamada de caixa preta. Neste ponto o fornecedor tem alta autonomia no desenvolvimento do produto e componentes. O cliente passa o projeto ao fornecedor baseado nas suas especificações e, nesta situação, não possui habilidade para supervisionar o trabalho. A coordenação e o controle do trabalho são realizados por eventos (*milestones*) e cumprimento de acordos prévios. Neste caso, tem-se uma situação de baixo risco de desenvolvimento e alta autonomia do fornecedor.
2. *Co-desenvolvimento estratégico:* o termo estratégico advém do alto risco do desenvolvimento. Envolve a decisão de fazer ou comprar e as questões das competências centrais da empresa, ou seja, envolve a estratégia de *outsourcing* da empresa. Neste nível, há um co-desenvolvimento, a extensão dos riscos requer uma maior comunicação entre o fornecedor e o cliente, buscando esclarecer qualquer necessidade e realizar o acompanhamento do projeto.

3. *Co-desenvolvimento crítico*: Está posicionado na faixa cinza, entre a caixa preta e a caixa branca. Caracterizado por um nível intermediário do fornecedor no desenvolvimento do produto e por ter um alto risco. Neste caso, nem o fornecedor nem o cliente possuem conhecimento e habilidade em suas empresas para desenvolver o produto. É necessário que nas primeiras fases de desenvolvimento, as empresas parceiras enfrentem as incertezas do projeto nas definições das responsabilidades.
4. *Sub-contratação clássica*: este nível se baseia em especificações técnicas, o fornecedor não possui muito espaço nas determinações do produto, sendo a relação dirigida pelo cliente. Neste nível, a uma baixa autonomia do fornecedor e também baixo risco de desenvolvimento. O cliente determina as especificações da compra e o fornecedor busca atendê-las da melhor forma possível dentro de suas limitações. Tipo de relação comum no desenvolvimento de produtos padronizados.
5. *Desenvolvimento coordenado baseado em especificações técnicas*: caracterizado pelo alto risco de desenvolvimento e baixa autonomia do fornecedor. Neste nível o cliente possui o projeto e repassa somente poucas especificações aos fornecedores. Muito utilizado na compra de peças simples.

2.5 CAPTAÇÃO E SELEÇÃO DE FORNECEDORES

A necessidade de captar fornecedores vem desde o início das produções artesanais onde o artesão muitas vezes não possuía a matéria prima e precisava de comprar de outros fazendeiros ou fábricas. A Seleção de fornecedores, no entanto, é decorrente da evolução da qualidade através de seus períodos históricos.

As Eras da Qualidade se iniciam com a Era da Inspeção, na Revolução industrial. Durante esta Era, realizavam-se, em produções de larga escala, verificações dimensionais em peças sem nenhum fundamento estatístico. Com o descarte dessas peças e a dinâmica de mercado se tornando cada vez mais competitiva e complexa, o nível de exigência para a qualidade dos produtos foi se elevando. Com a inserção de ferramentas de controle estatístico de processos, a linha de produção já evoluía para apresentar cada vez menos defeitos.

A partir deste nível de evolução em qualidade iniciou-se uma cobrança sobre os fornecedores. Durante a chamada Era da Garantia da Qualidade, as empresas buscavam prevenir possíveis falhas durante o processo produtivo e como resultado passaram a integrar o fornecedor nos projetos de desenvolvimento de produtos e processos.

Segundo Ferraboli (2012), a Direção das empresas passou a se envolver nos processos da qualidade. Considerando os eventos da Era da Garantia da Qualidade, podemos defini-la

como a era da redução de custos operacionais através do investimento na prevenção de falhas. Portanto, esse é o objetivo maior do processo de seleção de fornecedores.

Segundo citação de Aguezzoul em Rodrigues (2010), selecionar os fornecedores é uma decisão estratégica, pois a parcela de participação das compras no custo total no produto se situa entre 40% e 80%. Podemos entender tais porcentagens se considerarmos que as empresas tem a tendência a terceirizar suas operações a fazer elas mesmas, assim como contratar prestadores externos (fornecedores e subcontratados) para as atividades que não são ligadas ao core business da empresa. Este tipo de comportamento tem sido preferido ao processo de integração vertical na cadeia de valor

A abordagem da qualidade é histórica, mas não é a única na hora de se decidir pelos fornecedores.

2.5.1 Critérios para a Seleção de Fornecedores

Diversos autores apresentam estudos desenvolvidos com empresas em diferentes partes do mundo onde critérios são estudados e ponderados. Um dos estudos mais completos e de melhor aplicação neste trabalho é o apresentado por Vonderembse et al (1995)

Segundo retirado de Rodrigues (2010), estes autores formularam um questionário e enviaram a 2000 membros da Associação nacional Americana de Gerentes de Compra, obtendo um sucesso de 298 respostas. Dessa forma, nenhum setor específico foi focado na pesquisa, que apresenta um caráter generalista. Os resultados principais são mostrados na Tabela 3, onde pode-se encontrar, em ordem decrescente de importância declarada, os critérios mais citados como componentes importantes para a seleção de fornecedores.

	Muito importante (1)	Importante (0.5)	Importância média (0)	Importância pouco relevante (-0.5)	Sem importância (-1)	Pontuação ponderada
Qualidade do produto	86.9	12.3	0.4	0.0	0.4	92.65
Desempenho do produto	74.4	22.9	1.9	0.0	0.8	85.05
Confiança da entrega	61.7	33.0	4.9	0.4	0.0	78.00
Disponibilidade do produto	54.7	40.4	3.0	0.4	1.5	73.20
Custo	49.1	44.9	5.6	0.4	0.0	71.35
Lead time	28.5	44.5	24.7	1.9	0.4	49.60
Competência técnica dos fornecedores	21.1	52.2	22.9	3.4	0.4	45.10
Serviço pós vendas	20.0	50.6	20.4	7.9	1.1	40.25
Força financeira do fornecedor	16.6	44.4	29.1	9.1	0.8	33.45
Localização do fornecedor	6.0	21.3	48.4	17.2	7.1	1.00

Tabela 3 - Critério de seleção de fornecedores. Fonte: Rodrigues (2010)

Neste estudo os entrevistados podiam escolher entre cinco opções (muito importante, importante, importância média, importância limitada, sem importância), desejava-se obter um parâmetro único de comparação por critério. Para tanto os autores optaram por definir um peso a cada grau de importância diferente e apresentar como resultado a última coluna da Tabela 1 que é a soma ponderada do percentual de respostas no critério pela nota da categoria de resposta.

Como podemos perceber esse estudo tem caráter generalista, no entanto nos auxilia a listar alguns dos principais fatores críticos para a seleção de fornecedores. Outros estudos adicionariam à lista fatores como: flexibilidade, competitividade e capacidade tecnológica. Além é claro de apresentar diferentes valores para a pontuação dos fatores.

Outro fator importante, levantado por McIvor (2005), é o custo de transação. O autor argumenta que o custo de transação é uma combinação entre fatores econômicos com fatores de gerenciamento e que este é o primeiro tipo de relacionamento que deve ser desenvolvido com o mercado e fornecedores. Nestes custos estão envolvidos custos de negociação e custos contratuais.

Os custos de transação são, portanto, dispêndio de recursos econômicos para planejar, adaptar e monitorar as interações entre os agentes, garantindo a satisfação dos termos no contrato. Estes custos também muito importantes no processo de decisão fazer *versus* comprar, uma vez que pode ser muito trabalhoso e caro ter que lidar com os custos de transação.

2.5.2 Métodos de Seleção de Fornecedores

Uma vez entendido quais os fatores críticos para o processo de *outsourcing* podemos utilizar alguns métodos de seleção que nos auxiliem na tomada de decisão de seleciona-los.

Na literatura encontramos diferentes tipos de modelos. Para este trabalho, dado as devidas dificuldades e abrangência, focaremos em três tipos: a escala de Likert, o Processo de Análise Hierárquica (AHP) e modelos de programação matemática.

2.5.2.1 Escala de Likert

A escala de Likert é um tipo de escala utilizada para mensurar qualitativamente perguntas em questionários. Consiste em uma série de afirmações a respeito de um determinado objeto. Para cada afirmação há uma escala de cinco pontos, correspondendo nos extremos a “concordo totalmente” e “discordo totalmente”. Uma aplicação típica apresenta um número de afirmações em torno de 20 com escala de resposta de 1 a 5. Utiliza-se também a inversão de parte das afirmações para que não ocorra o efeito de halo, isto é, que o respondente marque uma alternativa em função unicamente da sua marcação para a afirmação anterior. O valor da medida é obtido através da soma dos valores das respostas às afirmações (tomando-se o cuidado de re-inverter os valores dos itens previamente invertidos);

ESTOU SATISFEITO COM O SERVIÇO RECEBIDO:				
Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Não concordo nem discordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
1	2	3	4	5

Tabela 4 - Exemplo de escala de Likert

Uma vez aplicada, os resultados do questionário podem ser explorados utilizando de estatística descritiva para extrair o máximo de informação.

2.5.2.2 Analytical Hierarchy Process (AHP)

O modelo AHP é um modelo de ponderação, que busca subdividir o problema em critérios que serão simulados pelos gestores buscando estabelecer um grau de importância relativa entre eles.

Segundo Saaty (2008), o AHP é o modelo mais usado para a relação de curto prazo, visto que é um método fácil, de baixo custo e rápido, que são características extremamente importantes para os fornecedores que serão utilizados por um curto período de tempo. A grande preocupação é que os investimentos para selecionar tais fornecedores não serão bem

aproveitados, pois o curto período dificulta a dissolução desse custo ao longo do tempo, sendo então um método de menor custo preferível. Ainda mais a decisão para esse tipo de fornecedor é, normalmente, adotada em caráter temporário para responder a uma necessidade, salvo para o caso dos fornecedores estratégicos em que não há muitas opções de escolha e não exige a posse de um modelo robusto (PELÁ, 2010). Assim, o quanto antes a empresa puder ter uma resposta, melhor será.

Para pontuar os critérios, utiliza-se uma escala de intensidade da importância que varia de 1, para critérios de igual importância, até 9 para critérios muito diferentes em importância, conforme apresentado na Tabela 2 a seguir.

Intensidade da Importância	Definição	Explicação
1 2	Importância igual Fracas ou leve	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância moderada	Experiência e julgamento levemente em prol de uma atividade em relação à outra
4 5	Mais moderada Grande importância	Experiência e julgamento consideravelmente em prol de uma atividade em relação à outra
6 7	Forte importância Muito Forte	Uma atividade é muito fortemente valorizada em relação à outra; posição de dominância na prática
8 9	Extremamente forte Importância extrema	Maior nível de diferença possível entre as atividades
Reciprocidade abaixo	Se uma atividade i tem um número não nulo que lhe é atribuído quando comparado com uma atividade j, então j tem um valor reciprocidade	Hipótese de razoabilidade
1.1 - 1.9	Se as atividades são muito similares	Apesar de ser difícil de atribuir o melhor valor devido homogeneidade de grau de importância das atividades, esta escala é necessária para manter a consistência do modelo AHP

Tabela 5 - Escala do modelo AHP

A principal função dessa escala é indicar quantas vezes um elemento é mais importante que outro (ou mais interessante do ponto de vista da empresa). Ao considerar esse aspecto é possível entender o princípio da razoabilidade atrelada à escala, que em linhas gerais supõem que se uma atividade “A” é “X” vezes mais importante que a atividade “B”,

então a atividade “B” é proporcionalmente “X” vezes menos importante que a atividade “A”. Este princípio também pode ser conhecido como princípio da reciprocidade (SAATY, 2008)

Saaty (2008) ainda estabelece passos para a implementação do método seguindo os seguintes passos:

1. Definir o problema e determinar o tipo de conhecimento desejado.
2. Estruturar a hierarquia de decisão começando pelos níveis mais altos, que são os objetivos da decisão, seguidos pelos níveis intermediários (critérios dos quais os primeiros dependem) e, finalmente, as soluções para os níveis mais baixos.
3. Construir um conjunto de matrizes de comparações por pares. Cada elemento de um alto nível é utilizado para comparar os elementos do nível imediatamente inferior a ele relacionados.
4. Comparar cada elemento de mesmo nível relacionado ao mesmo critério pai. São necessárias $n*(n-1)/2$ comparações, onde n é o número de elementos considerados tendo em vista que a diagonal da matriz será sempre unitária e que os elementos abaixo dessa diagonal serão sempre recíprocos da primeira comparação.
5. Em cada comparação deve-se multiplicar os valores de cada linha e calcular a média geométrica destes valores. Em seguida, realizar a normalização da média geométrica, gerando um vetor prioridade
6. Calcular e checar o Grau de Consistência (*Consistency Ratio*) para verificar a consistência das comparações. Para $CR \leq 0,10$ temos comparações com consistência relativamente plausíveis. Para valores de CR acima de 0,10 as relações devem ser revistas. O cálculo de CR é feito da seguinte forma:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

onde RI é escolhido de acordo com a quantidade de critérios que estão sendo ponderados, seguindo os valores da seguinte tabela:

n	Valor de Indexação Randômico (RI)
1	0,00
2	0,00
3	0,58
4	0,90
5	1,12

6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45

Tabela 6 - Valores para RI

Já o cálculo de CI segue o seguinte cálculo:

$$CI = \frac{(\lambda_{MAX} - n)}{(n - 1)}$$

O valor de λ_{MAX} é calculado pela soma de cada fator multiplicado pelo vetor prioridade.

- Utilizar as prioridades obtidas pelas comparações dos critérios pai para medir as prioridades dos níveis imediatamente inferiores (critérios filhos). Isso deve ser feito para cada elemento. Ao final atribuir as notas aos critérios de mais baixo nível e ponderar por sua prioridade calculada e obter a nota final. Continuar esse processo de pesagem até que todos os elementos já tenham recebido suas notas e estas tenham sido sucessivamente ponderadas até chegarem a uma nota final e única.

Com essa nota final, é possível estruturar as decisões para o processo de seleção de fornecedores, podendo utilizar tal resultado para alimentar outras metodologias de seleção, como a programação linear. Vale ressaltar que o AHP, dentro dos estudos sobre a seleção de fornecedores, é o método mais utilizado.

2.5.2.3 Métodos de Programação Matemática

Andrade (2000) caracteriza a Pesquisa Operacional como sendo um ramo da ciência administrativa que fornece instrumentos para a análise de decisões, tendo um conjunto de técnicas quantitativas.

Segundo Lachtermacer (2004), a Pesquisa Operacional pode ser utilizada para ajudar nos processos de decisão como os seguintes abaixo:

- Problemas de Otimização de Recursos;
- Problemas de Roteirização
- Problemas de Carteiras de investimentos;
- Problemas de Alocação de pessoas;
- Problemas de Previsão e Planejamento.

A programação linear fornece um aglomerado de procedimentos para tratar questões que envolvem alocação de recursos, de uma maneira a atingir um objetivo de otimizar, minimizando ou maximizando variáveis.

Lachtermacer (2004) ainda afirma que para padronizar um problema de programação linear, deve haver uma função objetivo, a ser maximizada ou minimizada, e restrições para as constantes e variáveis, de forma que matematicamente se busque o resultado desejado.

Um dos métodos amplamente utilizados na resolução de problemas de Programação Matemática é o Método Simplex. Este método é utilizado para se determinar, numericamente, a solução ótima para um modelo matemático.

Um modelo apresentado por Timmerman (1986), que também pode ser resolvido com modelagem matemática é o modelo *Weighted Point*. Segundo Chhabile (2014), este modelo busca atribuir pesos finais a cada fornecedor baseados em indicadores de performance, segundo citação de Timmerman (1986), nesse trabalho utilizou-se qualidade, tempo de entrega, serviço e preço. Esta metodologia tem como principal vantagem a possibilidade de se utilizar diversos fatores de análise e que cada um deles tenha um peso em relação ao outro.

2.5.2.4 Outros Métodos

Outros métodos são também encontrados na literatura para serem utilizados como métodos de seleção de fornecedores. Dentre estes métodos temos os baseados no custo total e, os Estatísticos e Probabilísticos.

Os métodos baseados no custo total são consideravelmente complexos. Segundo Pelá (2010), estes métodos necessitam de cálculos robustos dos custos gerados pelas diferentes atividades que intervêm na operação de compras. Dois importantes e conhecidos métodos são o *Activity Based Costing* (ABC) o *Total Cost Ownership* (TCO).

Ainda seguindo citações em Pelá (2010), o ABC, no contexto de seleção de fornecedores, consiste em classificar, por ordem decrescente, as compras a serem realizadas nos fornecedores em três categorias diferentes: os 20% dos fornecedores (classe A) representam 80% do valor das compras; os 30% seguintes (classe B) correspondem a 15% do valor das aquisições; os últimos 50% (classe C) recebem os últimos 5% das compras. Da mesma forma, o TCO, é um método de rateio de custos que necessita do cálculo do custo total de compras de um produto. No entanto, o custo total inclui o preço de compra e todos os custos operacionais adjacentes, como qualidade, inspeção e entrega.

Já os meios estatísticos utilizam de ferramentas e técnicas estatísticas para buscar um modelo do comportamento dos fornecedores e oferecer melhores decisões em termos de

riscos. Algumas ferramentas utilizadas são a matriz de *Payoff* e o VPA (*Vendor Profile Analysis*). A matriz de *Payoff* auxilia na definição de cenários de comportamento futuro dos fornecedores, auxiliando a tomada de decisão no fornecedor mais estável. No VPA o mecanismo consiste na tomada de uma função probabilística para cada fornecedor de acordo com cada critério definido e, por simulação, é possível estimar o comportamento dos fornecedores.

3. ANÁLISE DO PROCESSO FAZER *VERSUS* COMPRAR NA LOOP

Neste capítulo utilizaremos os modelos apresentados na revisão da literatura para caracterizar a Loop, seu processo de desenvolvimento de produto, e justificar a decisão de *outsourcing* da empresa.

3.1 DESCRIÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DO LOOPKEY®

Ponto comum no desenvolvimento de negócios de *startups*, a ideia é a responsável por conceber uma empresa. No ambiente com alta incerteza de aceitação destas ideias, as empresas acabam buscando métodos para melhor se desenvolver, de forma que o mercado as aceite da melhor maneira possível.

No caso da Loop não foi muito diferente. A empresa teve seu início focada no desenvolvimento do LoopKey®. Como já apresentado na introdução, a empresa teve que ficar mais versátil e buscar outras áreas de atuação para sobreviver ao mercado, mas nunca deixando a ideia principal de lado.

Tecnicamente, quanto ao desenvolvimento do LoopKey® desde o início, a equipe buscou utilizar metodologias de gestão como o *scrum* e algumas práticas de gerenciamento de projetos, como as presentes no PMBOK, porém nenhum destes com o foco no desenvolvimento de produto.

O produto se trata de um sistema de fechadura que é controlado por um aplicativo de celular. A ideia surgiu por necessidade de um dos idealizadores que normalmente se esquecia das chaves, mas nunca do seu telefone celular. A partir desta ideia o grupo passou a desenvolver o produto com foco tanto no mercado industrial e empresarial quanto no mercado doméstico.

A ideia de um sistema comandado por um aplicativo responsável pelo abrir, fechar e trancar de portas, por si só não apresenta nenhuma inovação, uma vez que produtos com essas características já existiam no mercado americano e em pequena escala no Brasil. A equipe então, apoiada na análise destes produtos, em uma restrita pesquisa de mercado realizada com

amigos e conhecidos, e nos conhecimentos dos integrantes da equipe, iniciaram o desenvolvimento dos subsistemas do produto com foco em novas tecnologias e em otimizar a interface.

Para uma primeira versão foram desenvolvidos subsistemas de hardware e software. Nesta fase a equipe aumentou e a partir dos estudos sobre as tecnologias existentes e patentes, buscaram desenvolver uma inovação incremental no produto em comparação aos concorrentes de mercado, como utilizar um servidor próprio, serviço em nuvem, software próprio, Bluetooth Smart, melhor eficiência energética e design diferenciado. Terminado os projetos de subsistemas e feita a integração de software e hardware, foi possível montar um primeiro protótipo do dispositivo em proporções bem maiores do que o planejado, porém um sucesso quanto a funcionalidade.

Para seguir o cronograma estabelecido pela equipe, a próxima etapa seria a consolidação deste protótipo, segundo alguns requisitos que foram estabelecidos pela própria empresa, requisitos de design prioritariamente (tamanho, peso e beleza). Para isso foi necessário iniciar uma remodelagem dos subsistemas buscando diminuir o hardware e aperfeiçoar o software. Deu-se também início a mais uma etapa dentro dos subsistemas quando começaram a desenvolver o design do produto, visando a aplicação doméstica.

Com a fase de desenvolvimento pronta foi necessário que a empresa começasse a pensar em selecionar seus fornecedores e, somente nesta etapa a equipe começou a buscar empresas para desenvolver os sistemas, fazendo com que o time gastasse tempo e mão de obra. Para essa versão da prototipagem, a Loop utilizou uma empresa chinesa, SEEEDSTUDIO, para fabricar a placa de circuito integrado e importou de uma empresa americana, DIGIKEY, os componentes para serem acoplados a placa. A montagem dos componentes ficou a cargo da própria Loop, terceirizando o serviço aqui no Brasil.

Após este último protótipo e buscando inserir melhor o produto no mercado, a empresa começou a se preocupar em estudar a fundo as necessidades dos clientes, buscando otimizar tempo e recursos. Desta forma, começaram a utilizar algumas técnicas de negócios e buscaram estudar os requisitos dos clientes, realizar *benchmarking* com os produtos dos concorrentes, buscando feedback dos clientes em fóruns de discussão, e também aplicando engenharia reversa nestes produtos.

Atualmente, após todas estas análises dos requisitos e dos concorrentes, a empresa já estuda alterar o planejamento e atuar, inicialmente, no mercado empresarial e industrial, uma vez que os requisitos se diferem, principalmente no design. Outra fase que já está em

desenvolvimento é a preparação para a produção, algo que este estudo pretende auxiliar na próxima etapa.

3.2 ANÁLISE DA DECISÃO FAZER *VERSUS* COMPRAR

Para realizar a análise da decisão de fazer *versus* comprar tomada na Loop, utilizaremos duas propostas apresentadas na revisão da literatura. A primeira de Leonard-Barton (1992), com o modelo focado nas competências principais, e a segunda de Di Serio (2001), com o modelo baseado nos conceitos de engenharia, onde posicionaremos a empresa no fluxo do desenvolvimento de produto apresentado.

Por se tratar de uma pequena empresa, a análise das competências principais fica bem simplificada. Como já apresentado a Loop é formada por recém graduados e graduandos em engenharia da computação, mecatrônica e elétrica. Observando o que é desenvolvido e os principais projetos da empresa, bem como as suas instalações, concluímos, seguindo a teoria de Leonard-Barton (1992), que a Loop possui a primeira dimensão de competências no desenvolvimento de produto: o conhecimento e habilidade. É trivial que, por se tratar de uma pequena empresa, a Loop não domina o processo produtivo, mas sim o processo de desenvolvimento, concepção e idealização do produto. Portanto fazendo necessário, assim buscar alternativas para a fabricação do produto.

A análise de Di Serio (2001) sugere algumas saídas para o *outsourcing* dentro do processo de desenvolvimento de produto. Observando a Figura 5 (página 29), e considerando a análise das competências principais da empresa, concluímos que as duas primeiras etapas do processo de desenvolvimento de produto apresentado são desenvolvidas pela empresa. A primeira de determinar as necessidades dos clientes e a segunda de converter essas necessidades em especificações de engenharia. Uma vez que a empresa possui essa competência de desenvolvimento, ela completa estas etapas por conceber o produto através das necessidades identificadas no mercado e em converter estas necessidades em requisitos de engenharia quando projeta o produto, seus sistemas e subsistemas.

Na conversão das especificações de engenharia em especificações de processo, por não possuir competência para desenvolver ou aplicar os diversos processos necessários para o resto do desenvolvimento do produto a empresa precisa de optar pelo *outsourcing*.

Os próximos passos para a Loop, no desenvolvimento do LoopKey®, seria em decidir comprar a manufatura, especificar o produto para os fornecedores e novos parceiros utilizando as especificações de engenharia para então analisar os fornecedores e decidir o

mais qualificado para, por fim, verificar se o produto segue os requisitos estabelecidos no início do projeto iniciando o fluxo novamente.

Outros fatores que auxiliam a empresa no momento da decisão entre realizar o *outsourcing* e quais fornecedores escolher é a modularização de seu produto. O produto é dividido basicamente em quatro módulos, os componentes eletrônicos, a placa PCB, a parte externa e os periféricos que compõem a fechadura (solenóides, fios e fechadura).

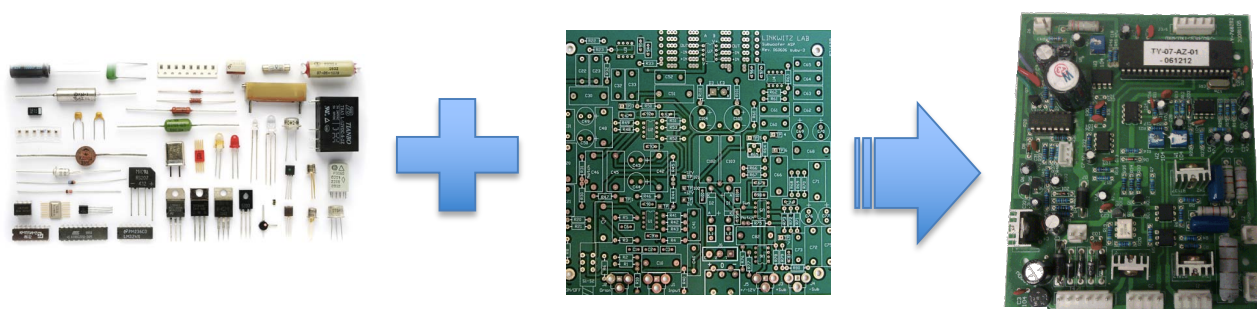


Figura 7 - Esquema de montagem de uma placa PCB

A empresa atualmente realiza o *outsourcing* no processo de montagem da placa PCB, ou seja, compra os componentes eletrônicos e contrata uma empresa para fabricar e montar a placa PCB com os componentes obtidos da primeira empresa. Por ainda estarem em fase de desenvolvimento do produto e prototipagens, a empresa ainda não se preocupa com os fornecedores de módulos externos e periféricos (estes podem ser encontrados facilmente em lojas de artigos eletrônicos e ainda passam por aprimoramento no projeto inicial).

4. AQUISIÇÃO E SELEÇÃO DE FORNECEDORES

Neste capítulo definiremos e analisaremos a forma que a Loop desenvolveu seus fornecedores desde as primeiras fases do produto até a atual fase. Mostraremos as necessidades atuais da empresa no que se refere a seleção de fornecedores e os métodos utilizados para encontrar novos fornecedores e selecioná-los.

4.1 DESENVOLVIMENTO DE FORNECEDORES NA LOOP

Como vimos da análise do desenvolvimento do LoopKey®, a necessidade da empresa em selecionar fornecedores ocorreu após finalizarem o desenvolvimento dos sistemas e subsistemas do produto. Porém nas fases iniciais não houve uma preocupação em selecionar

fornecedores, a equipe de desenvolvimento buscou fornecedores no momento em que era necessário realizar os primeiros testes.

Desta forma buscaram as pressas a primeira opção viável. O *proof of concept* da empresa foi feito com uma tecnologia mais barata e acessível, ao invés de utilizarem uma placa de circuitos impressos (PCB), utilizaram o Arduino, uma placa fabricada na Itália utilizada como plataforma de prototipagem eletrônica padronizada, em geral para fins educacionais. Os componentes foram adquiridos no mercado americano em escala unitária.

O teste com a placa Arduino mostrou grande eficácia. Para seguir então com o projeto e utilizar uma alternativa menor e com mais funções foi necessário aprimorar a placa. Com isso, em uma segunda prototipagem a equipe aprimorou o sistema de uma placa Arduino para uma placa de circuitos impressos. Através de pesquisa em sites e fóruns especializados descobriram um fabricante Chinês (SEEDSTUDIO) que fabricaria a placa. Nesta segunda prototipagem a equipe comprou os componentes de uma empresa americana (DigiKey), referência no mercado de componentes eletrônicos, recebendo os componentes e a placa no Brasil e realizando a montagem destes componentes na placa para testá-los. Porém esta situação ainda traz custos de transação altos para a empresa que necessita de monitorar a entrega dos componentes na fábrica, solicitar e lidar com dois fornecedores diferentes.

Atualmente, já com o projeto quase pronto para produção, a empresa está buscando estudar melhor o mercado dos seus fornecedores a fim de encontrar a melhor opção. Ante a este estudo, a Loop se encontra trabalhando apenas com um fornecedor, e espera encontrar melhores opções.

4.2 TIPO DE RELAÇÃO COM O FORNECEDOR

Utilizando a teoria de Calvi et al. (2001), classificamos o relacionamento da Loop com os seus fornecedores como Caixa Branca de nível 4. A sub-contratação clássica, determinada pela baixa responsabilidade do fornecedor e pelo baixo risco do desenvolvimento, é ideal para a Loop uma vez que esta necessita que os fornecedores dominem os conhecimentos técnicos e, da mesma forma, estabeleçam padrões e especificações que devem ser atendidas.

4.3 BUSCA DE NOVOS FORNECEDORES

A busca de novos fornecedores, um dos principais objetivos deste trabalho, foi uma necessidade apresentada pela empresa devido a vulnerabilidade da mesma no mercado tendo somente um fornecedor. Com somente um fornecedor para os componentes e para a

fabricação e montagem da placa, a empresa fica sem opções caso o único fornecedor não possa atender a demanda.

Também deve ser considerado que a empresa acaba por não saber se está trabalhando com a melhor oferta de tempo e custo aceitando as condições de um único fornecedor. Com mais de um fornecedor a empresa ganha inclusive poder de barganha durante possíveis negociações.

4.3.1 Fatores críticos para a escolha de fornecedores

Buscando obter o melhor fornecedor para a empresa foi necessário inicialmente determinar, em conjunto com representantes da empresa, o que na visão deles, seriam os principais fatores na escolha de um fornecedor.

Para tanto escolhemos alguns fatores das listas encontradas na literatura que eram considerados mais importantes, selecionamos junto à empresa, e aplicamos a técnica de AHP, buscando obter um valor ponderado para cada critério utilizado. Os fatores analisados foram: custo, qualidade e tempo de entrega.

Outros fatores importantes no relacionamento com o fornecedor como disponibilidade, capacidade, competência técnica, tempo de resposta e geografia foram considerados durante as reuniões porém descartados, pois como estaremos realizando um primeiro contato com estes fornecedores, nós escolheremos para a seleção somente aqueles que têm disponibilidade, capacidade, atendam as nossas especificações, e tenham a competência técnica para realizar todos os processos que a empresa necessite respondendo as nossas perguntas a tempo da realização da seleção. A localização destes fornecedores também é fator irrelevante na análise uma vez que estas empresas possuem serviços postais para enviar os produtos e este já será avaliado com os fatores custo e tempo.

A Tabela 7 representa os resultados da ponderação dos critérios, utilizando os valores sugeridos na Tabela 4.

	CUSTO	QUALIDADE	TEMPO DE ENTREGA
CUSTO	1,000	3,000	8,000
QUALIDADE	0,333	1,000	6,000
TEMPO DE ENTREGA	0,125	0,167	1,000

Tabela 7 - Ponderação de fatores para seleção de fornecedores

A aplicação da técnica de Análise Hierárquica exige que certas ponderações e cálculos de consistência sejam feitos. A tabela final, com a ponderação e o vetor que estabelece a prioridade para cada critério é apresentado na Tabela 8.

	CUSTO	QUALIDADE	TEMPO DE ENTREGA	Média Geométrica	Vetor Prioridade
CUSTO	1,000	3,000	8,000	2,884	0,65266
QUALIDADE	0,333	1,000	6,000	1,260	0,28508
TEMPO DE ENTREGA	0,125	0,167	1,000	0,275	0,06226
SOMA	1,46	4,17	15,00	4,420	1,000
SOMA * PV	0,951800961	1,187821037	0,933891528		
LAMBDA MAX	3,073513525				
CI	0,036756763				
CR	0,032818538				

Tabela 8 - Ponderação das prioridades dos fatores

Como explicado na revisão da literatura a tabela mostra a importância do fator da linha em relação a coluna, portanto, para a Loop o custo é moderadamente mais importante do que a qualidade e extremamente mais importante que o tempo de entrega. A última coluna representa o peso ponderado de cada fator, em ordem a empresa considera respectivamente mais importante o custo, qualidade, tempo de entrega. Observamos também que a relação feita é consistente uma vez que o valor de CI é menor que 0,10.

O fato do fator custo ter o maior peso é explicado pela fase inicial que a empresa se encontra, por ser uma *start-up* ainda está em crescimento e, portanto, busca realizar seu desenvolvimento com o menor dispêndio de recursos.

Esperou-se inicialmente que o fator “tempo de entrega” fosse ser mais importante no processo, a empresa apresentou que em geral as empresas fornecedoras do tipo de serviço que eles necessitam tem alta responsividade e trabalham com tempos de entrega curtos. Para a Loop algo em torno de duas a três semanas é satisfatório e atualmente, mesmo com uma empresa chinesa, eles conseguem realizar e receber pedidos em prazos menores que este.

A Loop considera que a praticidade e a redução dos custos de transação melhoraram a partir do momento que a Seedstudio começou a não só fabricar como também montar os componentes nas placas. Portanto fixamos o fator competência técnica como necessário para os fornecedores fazendo com que consideremos para a seleção somente os fornecedores que apresentarem essa flexibilidade (fabricar a placa e monta-la) ao cliente.

Após ponderados os fatores e analisado as prioridades e necessidades da empresa, iniciamos a pesquisa de novos fornecedores e a análise dos portfólios, orçamentos e certificações dos mesmos.

4.3.2 Pesquisa de novos fornecedores

A pesquisa de novos fornecedores, como parte da etapa de preparação para a produção, tem como objetivo identificar potenciais fornecedores, baseados em critérios internos e de mercado, e selecionando os melhores visando parcerias duradouras.

Outro objetivo da pesquisa de fornecedores é montar um portfólio de fornecedores. Competitivamente é necessário que uma empresa, principalmente em mercados muito competitivos, possua saídas para sua produção em caso do atual fornecedor não conseguir atender a demanda.

Para este trabalho a pesquisa de fornecedores foi feita através de sites de busca como o “google.com”, utilizando algumas palavras chaves como: *pcb manufacturer*; *pcb manufacturer and assembly*; *pcb manufacturer china*; *pcb manufacturer usa*; fabricantes de placas de circuito impresso.

Com estas palavras chaves inicialmente encontramos diversos fabricantes que pagaram para que seus sites aparecessem no início da busca. Focamos os primeiros contatos nestes fabricantes e nos que apareciam respectivamente nas primeiras e segundas páginas da pesquisa.

Vale lembrar que estabelecemos junto com a empresa que somente utilizaríamos fornecedores que pudessem ser responsabilizados pelo processo de fabricação e montagem da placa. Com o início das pesquisas descobrimos que diversos fornecedores se responsabilizam por todo o processo. Não só com a montagem e fabricação da placa PCB mas como também com a compra dos componentes eletrônicos.

Visto isso, fizemos uma alteração de critérios e focamos na pesquisa de fornecedores que pudessem fazer o processo como um todo. Desta forma facilitamos a programação linear que utilizaremos para fazer a seleção e principalmente diminuimos os custos de transação, uma vez que focando o processo de produção do módulo interno em um só fornecedor não há necessidade de se preocupar com entregas entre fornecedores e maiores *lead-times* para entrega. Além disso acreditamos que um fornecedor que é responsável pelo processo de ponta a ponta apresentará custos menores para a empresa, uma vez que este possui um poder de barganha maior com os distribuidores de componentes eletrônicos.

Outro objetivo que tentamos contemplar foi o de obter orçamentos de diversas partes do mundo, para fazer uma possível comparação de custos entre este tipo de serviço nos Estados Unidos, Europa, Brasil e China, por exemplo.

4.3.3 Lista de fornecedores

A pesquisa de fornecedores durou cerca de 25 dias entre os primeiros contatos, resolução de alguns problemas, repostas a dúvidas, e o recebimento dos orçamentos. Para preparar para as análises foram enviados pedidos de orçamento para a prototipagem (10 peças) e para uma primeira produção (1000 peças).

Inicialmente foram identificados 25 fornecedores: três brasileiros, um canadense, doze chineses, um irlandês, um britânico e sete americanos. O contato com todos os fornecedores foi feito da mesma maneira, ou por meio de formulários online ou por correio eletrônico.

Foi enviado a cada um dos fornecedores que retornaram o primeiro contato dois arquivos essenciais para se fazer o orçamento, o esquema da placa no formato “Gerber” e uma planilha contendo a lista dos materiais (*Bill of Materials – BOM*).

Um dos problemas críticos enfrentados foi a falta de especificidade na lista dos componentes. A lista oferecida pela empresa não contia a informação referente ao número do componente no fabricante. A falta desta informação gerou dúvidas, e por tanto atrasos no orçamento, de grande parte dos fornecedores.

Para resolver as dúvidas foi necessário contato direto com a empresa, buscando completar a lista com todas as informações necessárias e responder os fornecedores com todas as informações solicitadas.

Por fim, dos iniciais vinte e cinco fornecedores, onze conseguiram atender a nossa demanda para a produção de dez peças, um canadense, nove chineses e dois americanos, sendo que um deles tinha flexibilidade de produzir com dois *lead-times* diferentes. Já para a produção de mil peças, nove fornecedores, dois a menos que o anterior, devido a falta de capacidade de produção.

A Tabela 9 a seguir mostra o nome do fornecedor, sua localização, o valor do orçamento e o tempo de entrega.

POTENCIAIS FORNECEDORES				
PAÍS	NOME	CUSTO 10pcs	TEMPO 10pcs (DIAS)	SITE
CANADA	Bittele	\$ 1.345,03	14	http://www.4pcb.com
CHINA	Jingly	\$ 820,00	21	http://www.pcbassembly-oem.com/en/
CHINA	GreenStone PCBA	\$ 829,00	22	http://www.greenpcb.com
CHINA	Hampoo	\$ 1.848,00	25	http://ems.hampoo.com
CHINA	OurPCB	\$ 848,87	25	http://www.ourpcb.com/
CHINA	JY	\$ 597,00	20	http://www.jycircuitboard.com
CHINA	Kewo	\$ 822,85	20	http://kewopcb.com/profile.aspx.htm
CHINA	MOKO	\$ 750,00	20	http://www.mokotechnology.com
CHINA	POE	\$ 730,00	10	http://www.poe-pcba.com
USA	E-Tecnek	\$ 1.359,00	20	http://e-teknec.com
USA	4PCB 10 days	\$ 3.982,26	10	http://www.4pcb.com
USA	4PCB 15 days	\$ 3.554,16	15	http://www.4pcb.com

Tabela 9 - Potenciais fornecedores para 10 peças

POTENCIAIS FORNECEDORES				
PAÍS	NOME	CUSTO 1000Pcs	TEMPO 1000pcs (DIAS)	SITE
CANADA	Bittele	\$ 21.278,00	28	http://www.4pcb.com
CHINA	Jingly	\$ 19.080,00	21	http://www.pcbassembly-oem.com/en/
CHINA	GreenStone PCBA	\$ 14.797,29	22	http://www.greenpcb.com
CHINA	OurPCB	\$ 14.591,00	40	http://www.ourpcb.com/
CHINA	JY	\$ 14.301,00	20	http://www.jycircuitboard.com
CHINA	Kewo	\$ 13.790,12	20	http://kewopcb.com/profile.aspx.htm
CHINA	MOKO	\$ 11.896,00	18	http://www.mokotechnology.com
CHINA	POE	\$ 12.850,00	13	http://www.poe-pcba.com
USA	E-Tecnek	\$ 21.713,70	30	http://e-teknec.com

Tabela 10 - Potenciais fornecedores para 1000 peças

É válido observar que os preços praticados pelos fornecedores americanos são bem acima dos preços chineses. Isso pode ser explicado devido a diferença do custo da mão de obra nos dois países. É válido também ressaltar que nenhum fornecedor brasileiro conseguiu atender nossa demanda 3 o contato foi bem complicado. Mesmo sendo realizado por telefone com algumas empresas, não obtivemos respostas às solicitações de orçamentos.

4.4 SELEÇÃO DE FORNECEDORES

A pedido da empresa dividimos a seleção dos fornecedores em duas, uma para o pedido de dez peças e outra para o pedido de mil peças.

O método utilizado para realizar as seleções foi o método de programação linear, embasado na teoria de Timmerman sobre o *Wheighted Point*. Desta forma avaliamos quantitativamente o melhor fornecedor, utilizando os valores obtidos para custo e tempo, e os pesos dos critérios obtidos com o método AHP, implementado na etapa de busca de novos fornecedores. Apenas se adequando a dificuldade do método que seria justamente quantificar um fator qualitativo, não considerando para este método análise do fator qualidade.

Por fim, buscando comparar métodos e introduzir uma análise quantitativa do fator qualidade aplicamos o método AHP para os pedidos de mil peças buscando comparar os resultados e dar a empresa mais uma opção.

4.4.1 Método de programação linear para os orçamentos de 10 peças

A ferramenta utilizada para realizar a simulação foi o Excel, através do suplemento Solver, que utiliza o método Simplex nas resoluções dos problemas. Este suplemento permite realizar vários tipos de simulações aplicando os dados da planilha, utilizado principalmente para análises de sensibilidade com mais de uma variável e com restrições de parâmetros.

Primeiramente é necessário organizar os dados que serão utilizados, neste caso utilizamos os valores recebidos nos orçamentos para custo e tempo de entrega, normalizamos os mesmos e os multiplicamos pelo valor obtido na ponderação dos fatores.

A normalização dos valores seguiu conforme as tabelas a seguir:

POTENCIAIS FORNECEDOR			
PAÍS	NOME	CUSTO 10pcs	TEMPO 10pcs (DIAS)
CANADA	Bittele	\$ 1.345,03	14
CHINA	Jingly	\$ 820,00	21
CHINA	GreenStone PCBA	\$ 829,00	22
CHINA	Hampoo	\$ 1.848,00	25
CHINA	OurPCB	\$ 848,87	25
CHINA	JY	\$ 597,00	20
CHINA	Kewo	\$ 822,85	20
CHINA	MOKO	\$ 750,00	20
CHINA	POE	\$ 730,00	10
USA	E-Tecnek	\$ 1.359,00	20
USA	4PCB 10 days	\$ 3.982,26	10
USA	4PCB 15 days	\$ 3.554,16	15

Tabela 11- Potenciais fornecedores para 10 peças

POTENCIAIS FORNECEDORES NORMALIZADO			
PAÍS	NOME	CUSTO 10pcs	TEMPO 10pcs (DIAS)
CANADA	Bittele	0,07691965	0,06306306
CHINA	Jingly	0,04689420	0,09459459
CHINA	GreenStone PCBA	0,04740890	0,09909910
CHINA	Hampoo	0,10568352	0,11261261
CHINA	OurPCB	0,04854522	0,11261261
CHINA	JY	0,03414127	0,09009009
CHINA	Kewo	0,04705719	0,09009009
CHINA	MOKO	0,04289104	0,09009009
CHINA	POE	0,04174728	0,04504505
USA	E-Tecnek	0,07771856	0,09009009
USA	4PCB 10 days	0,22773769	0,04504505
USA	4PCB 15 days	0,20325549	0,06756757

Tabela 12 - Potenciais fornecedores com valores normalizados

O objetivo da nossa análise é obter o fornecedor que apresente os menores valores para custo e tempo somados. Para isso definimos as variáveis da simulação da seguinte forma em tabela:

Custo	Tempo
$x_{1\ 1}$	$x_{2\ 1}$
$x_{1\ 2}$	$x_{2\ 2}$
$x_{1\ 3}$	$x_{2\ 3}$
\vdots	\vdots
$x_{1\ n}$	$x_{2\ n}$

Desta forma a simulação deve seguir os seguintes parâmetros:

$$\text{Função objetivo} = VPC * (x_{1\ 1} + x_{1\ 2} + \dots + x_{1\ 12}) + VPT * (x_{2\ 1} + x_{2\ 2} + \dots + x_{2\ 12})$$

Restrições:

$$1. x_{1\ n} = x_{2\ n}, \text{ Para } n = 1, 2, 3, \dots, 12$$

$$2. x_{nm} = bin, \text{ Para } n = 1, 2, 3, \dots, 12 \text{ e } m = 1, 2$$

$$3. \sum_{n=1}^{12} x_{1n} = 1$$

$$4. \sum_{n=1}^{12} x_{2n} = 1$$

Onde VPC é o valor ponderado estabelecido para custo e VPT o valor ponderado estabelecido para tempo de entrega. A primeira e segunda restrição servem para que a programação considere as variáveis custo e tempo como um conjunto, restringindo a programação de lançar um valor de custo de uma empresa e um de tempo de outra empresa. A

terceira restrição serve para que a programação atribua valores binários para as variáveis e as últimas restringem que somente haja uma variável escolhida em custo e uma em tempo.

Organizando as informações que serão utilizadas em uma planilha e definindo os parâmetros no Solver, buscando minimizar a função objetivo definida, a conclusão foi para o fornecedor “*JY Electronic*”. Segundo a simulação, considerando os pesos definidos, este fornecedor é o que apresenta melhor somatório entre custo e tempo de entrega.

4.4.2 Método de programação linear para os orçamentos de 1000 peças

O modelo de programação para os orçamentos de mil peças utilizou as mesmas ferramentas, parâmetros e organização de dados da simulação para dez peças, somente realizando os ajustes necessários devido a menor quantidade de fornecedores, além dos preços e tempos de entregas para esta situação.

A normalização dos valores seguiu conforme as tabelas a seguir:

POTENCIAIS FORNECEDORES			
PAÍS	NOME	CUSTO 1000Pcs	TEMPO 1000pcs (DIAS)
CANADA	Bittele	\$ 21.278,00	28
CHINA	Jingly	\$ 19.080,00	21
CHINA	GreenStone PCBA	\$ 14.797,29	22
CHINA	OurPCB	\$ 14.591,00	40
CHINA	JY	\$ 14.301,00	20
CHINA	Kewo	\$ 13.790,12	20
CHINA	MOKO	\$ 11.896,00	18
CHINA	POE	\$ 12.850,00	13
USA	E-Tecnek	\$ 21.713,70	30

Tabela 13 - Potenciais fornecedores para 1000 peças

POTENCIAIS FORNECEDORES NORMALIZADO			
PAÍS	NOME	CUSTO 1000Pcs	TEMPO 1000pcs (DIAS)
CANADA	Bittele	0,147459641	0,132075472
CHINA	Jingly	0,13222718	0,099056604
CHINA	GreenStone PCBA	0,102547376	0,103773585
CHINA	OurPCB	0,101117756	0,188679245
CHINA	JY	0,099108014	0,094339623
CHINA	Kewo	0,095567541	0,094339623
CHINA	MOKO	0,082441014	0,08490566
CHINA	POE	0,089052373	0,061320755
USA	E-Tecnek	0,150479105	0,141509434

Tabela 14 - Potenciais fornecedores para 1000 peças com valores normalizados

Obtivemos como resultado ótimo da minimização da função objetivo o fornecedor “Moko Technology Ltd.”.

4.4.3 Análise alternativa: *AHP* para os orçamentos de 1000 peças

Buscando uma análise mais incrementada, e realizar até uma comparação de modelos. Aplicamos o Processo de Análise Multicritério, buscando introduzir o fator qualidade na busca pelo fornecedor ótimo.

Como observamos na teoria, a introdução deste fator nos métodos de programação matemática tornaria esta análise muito complexa pois seria necessário descobrir métodos para quantificar esta variável. Já no método AHP podemos quantificar variáveis qualitativas, atribuindo pesos aos fornecedores com mais certificados ou processos de qualidade.

Desta forma, foi necessário realizar um estudo dos principais certificados de qualidade neste tipo de seguimento industrial, são eles: ISO9001-2008, ISO4001:2004, UL, IPC-6012B e IPC-A-600G. Sendo estes dois últimos certificados específicos na indústria de circuitos impressos.

Para a análise AHP ponderamos os fornecedores que obtinham mais certificados com prioridade melhor em relação aos fornecedores com menos certificados, além de considerar eventuais processos de qualidade para esta ponderação.

Segundo a metodologia primeiramente é necessário construir a hierarquia da análise. Nossa análise esta dividida em dois níveis, o primeiro com os critérios de seleção de fornecedores (custo, tempo e qualidade) e o segundo nível com a análise de cada um destes critérios fornecedor por fornecedor, conforme a Figura X a seguir:

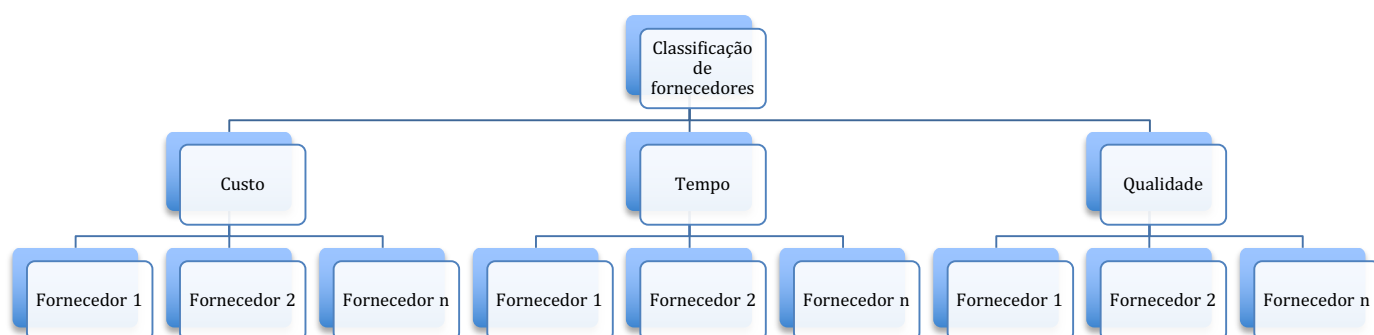


Figura 8 - Hierarquia do processo

Desta forma, seguindo o que é sugerido no método analisamos inicialmente a relação entre os fatores. Esta etapa já havia sido realizada anteriormente quando ponderamos os fatores juntamente com a empresa. Os resultados estão demonstrados na Tabela 7.

Seguindo com o método realizamos as ponderações entre os fornecedores para cada um dos fatores, diferente da programação linear neste método recebe a melhor nota os fornecedores que fossem melhores em cada quesito, ou seja, que apresentassem menor custo e menor tempo de entrega. Por fim foi feita a relação final dos fornecedores com cada um dos resultados obtidos das ponderações por fator, buscando o fornecedor com o maior resultado.

Da análise com o método AHP, obtivemos como melhor fornecedor para a produção de mil peças o fornecedor “POE Precision Electronics CO.” As planilhas com os resultados de cada uma das análises está disponível neste trabalho como apêndice.

Uma vez que o resultado obtido com o processo AHP foi diferente do obtido com o método de programação linear, reaplicamos o método AHP para verificar se, caso retirado o fator qualidade, o fornecedor obtido seria o mesmo e o resultado foi positivo.

A diferença do resultado em relação ao método de programação linear se deve tanto pela diferença no cálculo quanto pela introdução do fator qualidade na análise. Ainda assim observamos que a empresa escolhida pelo método de programação linear ficou bem posicionada no ranking, não sendo escolhida por não se destacar no fator qualidade, mesmo se destacando no fator preço.

4.4.4 Análise resumo

Sintetizando as informações e resultados analisados neste capítulo chegamos ao resumo encontrado na Figura 9 a seguir:




Programação matemática		AHP
10 peças	1000 peças	1000 peças
JY Eletronic Technology	MOKO Technology ltd.	POE Precision Electronics CO., Ltd.
		

Figura 9 - Resumo das análises

A empresa tem portanto 3 diferentes opções, quando levados em consideração todos os fatores analisados. É necessário, porém, alinhar esta decisão com o planejamento estratégico da empresa, uma vez que há mais de uma opção.

Conforme as análises realizadas a empresa pode optar em focar somente no custo como melhor alternativa, ou considerar os outros fatores e utilizar outros fornecedores.

5. CONCLUSÃO

Observamos que a decisão fazer *versus* comprar é muito mais do que simplesmente decidir pela realização do *outsourcing* ou não. Esta passa por análises profundas do planejamento, das competências, e dos objetivos da empresa. Um bom estudo desta decisão só traz benefícios a quem o faz, uma vez que, de ponta a ponta, diminui tempo de desenvolvimento de um produto, mapeia e seleciona os fornecedores e no longo prazo planeja o relacionamento com estes fornecedores estrategicamente, sendo fator crucial para o sucesso e vantagem competitiva de muitas empresas.

O alinhamento de um projeto de desenvolvimento de produto, também é fundamental para que as empresas obtenham maior vantagem competitiva no mercado. No caso da Loop observamos que, caso houvessem aplicado técnicas para o desenvolvimento de produto, certamente teriam diminuído o retrabalho, tempo e recursos aplicados na fase de desenvolvimento.

Também parte deste desenvolvimento, a decisão fazer *versus* comprar da empresa, no desenvolvimento do LoopKey®, é uma decisão estratégica que respeita as limitações da empresa, uma vez que a principal competência dela é o desenvolvimento dos sistemas e subsistemas.

Da mesma forma, o desenvolvimento do *outsourcing* na empresa, utilizando métodos e técnicas para as decisões, busca e seleção de fornecedores, auxiliará a empresa a não só obter a melhor opção, mas como também montar um portfólio de fornecedores, aumentando a sua competitividade e poder de barganha.

Este trabalho abre caminho para outras aplicações deste método em ambientes semelhantes, bem como também a inserção de novos parâmetros e fatores nas avaliações buscando uma análise cada vez mais completa para a tomada de decisão.

BIBLIOGRAFIA

ARCHER, JULIANA DE A. Proposta de arquitetura modular para coifas e depuradores de ar. 11 de novembro de 2010. Trabalho de conclusão de curso – Universidade do Estado de Santa Catarina

BASTOS et al. Modelo multicritério de apoio a decisão para seleção de fornecedores. VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão. 2011

BERNARDES et al. Modularização: Simplificando a gestão e maximizando os resultados. *Espacios*. Vol. 34 (2) 2003. Pág. 8. 15-10-2012

CARNEVALLI, José Antonio; VARANDAS, Angelo; MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick (2011); “Uma Investigação sobre os Benefícios e Dificuldades na Adoção da Modularidade em uma Montadora de Automóveis”. *Produto & Produção*, vol. 12, n. 1, p. 60 – 90.

CORREIA, ANDRÉ L. Sistema de gestão de conhecimento aplicado ao processo de desenvolvimento de produtos mecânicos: um estudo de caso em uma empresa de base tecnológica. 06 de outubro de 2014. Dissertação – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.

DI SERIO, Luiz Carlos and SAMPAIO, Mauro. Projeto de cadeia de suprimento: uma visão dinâmica da decisão fazer versus comprar. *Rev. adm. empres.* [online]. 2001, vol.41, n.1, pp. 54-66. ISSN 0034-7590.

ESTEVES. Gestão dos requisitos dos clientes no desenvolvimento de projetos. Disponível em: <http://www.arquitetura.eesc.usp.br/workshop08/secundarias/ANAIS/Artigo_44.pdf>. Acesso em: 19 aug. 2015.

ERICSSON, A.; ERIXON, G. Controlling design variants: modular product platforms. Dearborn, Michigan: Society of Manufacturing Engineers, 1999, 145p. ISBN: 0-87263-514-7.

FINE, CHARLES H.; Whitney, Daniel E. Is the make-buy decision process a core competence?. MIT Center for Technology, Policy, and Industrial Development. February, 1996.

HÖLTTÄ, K. Modular Product Platform Design. Espoo, Finland, August, 2005.

GALLEGO V. L. Review of existing methods, models and tools for supplier evaluation. Linkopings Universitet, Institute of Technology. June, 2011.

LACHTERMACHER, Gerson. Pesquisa Operacional Na Tomada De Decisões, 2ª edição; editora Campus; São Paulo/SP; p.26 – 261; 2004.

MIGUEL, PAULO A. A abordagem da pesquisa-ação. In: MIGUEL, PAULO A. Implementação do QFD para o Desenvolvimento de Novos Produtos.. São Paulo: Editora Atlas S.A. 2008. Pag. 5.

MCIVOR, R.T. et al. A Strategic model for the formulation of an effective make or buy decision, 1997.

MCIVOR, R. The outsourcing process. Strategies for Evaluation and Management. Univeristy of Cambridge. 2005.

PELÁ, V. R. Estudo sobre o processo de seleção de fornecedores em um segmento da cadeia automotiva. 2010. Tese de graduação – Universidade de São Carlos.

SAATY, T. L. Decision making with the Analytical Hierarchy Process. Int. J. Services Sciences, vol. 1, n. 1. 2008

SALES, ANNE M. G. Modelo de Processo de Desenvolvimento de Produtos e o ciclo de vida de projetos do guia PMBOK – Uma análise comparativa. 2010.

SANTOS, ANDRÉA C. Modelo de Referência para o processo de desenvolvimento de produtos em um ambiente de SCM. 14 de abril de 2008. Tese – Universidade Federal de Santa Catarina.

THIOLLENT, M. Metodologia de pesquisa-ação. 14. Ed. São Paulo: Cortez, 2005.

ZHENG, CHEN et al. CIGI 2013: Survey of Design Process Models for Mechatronic Systems Engineering. Université de Technologie de Compiègne, Department of Mechanical Systems Engineerin

APÊNDICE A – PLANILHAS DE ANÁLISE AHP

CUSTO	Bittele	Jingly	GreenStone PCBA	OurPCB	JY	Kewo	MOKO	POE	E-Tecnek	RAÍZ NONA	VETOR PRIORIDADE
Bittele	1,00	0,50	0,50	0,33	0,25	0,25	0,13	0,17	0,14	0,2921	0,0223
Jingly	2,00	1,00	0,33	0,25	0,20	0,20	0,11	0,14	0,13	0,2870	0,0219
GreenStone PCBA	2,00	3,00	1,00	0,50	0,33	0,33	0,14	0,20	0,17	0,4886	0,0373
OurPCB	3,00	4,00	2,00	1,00	0,50	0,50	0,17	0,25	0,20	0,7169	0,0547
JY	4,00	5,00	3,00	2,00	1,00	0,67	0,20	0,33	0,25	1,0325	0,0787
Kewo	4,00	5,00	3,00	2,00	1,50	1,00	0,25	0,50	0,33	1,2509	0,0954
MOKO	9,00	8,00	7,00	6,00	5,00	4,00	1,00	3,00	2,00	4,1472	0,3163
POE	7,00	6,00	5,00	4,00	3,00	2,00	0,33	1,00	0,50	2,1131	0,1611
E-Tecnek	8,00	7,00	6,00	5,00	4,00	3,00	0,25	2,00	1,00	2,7850	0,2124
SOMA	40,0000	39,5000	27,8333	21,0833	15,7833	11,9500	2,5790	7,5929	4,7179	13,1134	
SOMA * VP	0,8911	0,8646	1,0371	1,1526	1,2427	1,1399	0,8156	1,2235	1,0020		
LAMBDA MAX	9,3692										
CI	0,0461										
CR	0,0318										

Tabela 15 - Confronto de fornecedores para o fator custo

LTEMPO DE ENTREGA	Bittele	Jingly	GreenStone PCBA	OurPCB	JY	Kewo	MOKO	POE	E-Tecnek	RAÍZ NONA	VETOR PRIORIDADE
Bittele	1,00	0,25	0,33	2,00	0,20	0,20	0,17	0,14	0,20	0,3164	0,0241
Jingly	4,00	1,00	3,00	6,00	0,33	0,33	0,25	0,20	0,33	0,7994	0,0610
GreenStone PCBA	3,00	0,33	1,00	3,00	0,25	0,25	0,20	0,17	0,25	0,4878	0,0372
OurPCB	0,50	0,25	0,33	1,00	0,20	0,14	0,13	0,11	0,14	0,2370	0,0181
JY	5,00	3,00	4,00	7,00	1,00	1,00	0,33	0,25	1,00	1,4844	0,1132
Kewo	5,00	3,00	4,00	7,00	1,00	1,00	0,33	0,25	1,00	1,4844	0,1132
MOKO	6,00	4,00	5,00	8,00	3,00	3,00	1,00	0,33	3,00	2,7377	0,2088
POE	7,00	5,00	6,00	9,00	4,00	4,00	3,00	1,00	4,00	4,1472	0,3163
E-Tecnek	5,00	3,00	4,00	7,00	1,00	1,00	0,33	0,25	1,00	1,4844	0,1132
SOMA	36,5000	19,8333	27,6667	50,0000	10,9833	10,9262	5,7417	2,7040	10,9262	13,1788	
SOMA * VP	0,8806	1,2091	1,0291	0,9038	1,2433	1,2369	1,1987	0,8551	1,2369		
LAMBDA MAX	9,7934										
CI	0,0992										
CR	0,0684										

Tabela 16 - Confronto de fornecedores para o fator tempo de entrega

QUALIDADE	Bittele	Jingly	GreenStone PCBA	OurPCB	JY	Kewo	MOKO	POE	E-Tecnek	RAÍZ NONA	VETOR PRIORIDADE
Bittele	1,00	0,25	1,00	0,25	0,17	0,25	0,20	0,17	0,25	0,3033	0,0231
Jingly	4,00	1,00	4,00	1,00	1,15	1,00	0,50	0,25	1,00	1,0970	0,0837
GreenStone PCBA	1,00	0,25	1,00	0,25	0,17	0,25	0,20	0,17	0,25	0,3033	0,0231
OurPCB	4,00	1,00	4,00	1,00	0,15	1,00	0,50	0,25	1,00	0,8748	0,0667
JY	6,00	4,00	6,00	4,00	1,00	4,00	2,00	1,00	4,00	2,9782	0,2271
Kewo	4,00	1,00	4,00	1,00	0,15	1,00	0,50	0,25	1,00	0,8748	0,0667
MOKO	5,00	3,00	5,00	3,00	0,50	3,00	1,00	0,50	3,00	1,9975	0,1523
POE	6,00	4,00	6,00	4,00	1,00	4,00	2,00	1,00	4,00	2,9782	0,2271
E-Tecnek	4,00	1,00	4,00	1,00	0,25	1,00	0,50	0,25	1,00	0,9259	0,0706
SOMA	35,0000	15,5000	35,0000	15,5000	4,5333	15,5000	7,4000	3,8333	15,5000	12,3328	
SOMA * VP	0,8094	1,2966	0,8094	1,0340	1,0296	1,0340	1,1272	0,8706	1,0944		
LAMBDA MAX	9,1053										
CI	0,0132										
CR	0,0091										

Tabela 17 - Confronto de fornecedores para o fator qualidade

FINAL	CUSTO	TEMPO	QUALIDADE	SCORE
PESOS INDIVIDUAIS	0,652663516	0,285077049	0,062259435	
Bittele	0,02228	0,02413	0,0231269	0,0228577
Jingly	0,02189	0,06096	0,0836524	0,0038930
GreenStone PCBA	0,03726	0,03720	0,0231269	0,0050177
OurPCB	0,05467	0,01808	0,0667096	0,0042521
JY	0,07874	0,11320	0,2271113	0,0215009
Kewo	0,09539	0,11320	0,0667096	0,0354757
MOKO	0,31626	0,20877	0,1523250	0,0639634
POE	0,16114	0,31626	0,2271113	0,1515823
E-Tecnek	0,21238	0,11320	0,0706055	0,0860589

Tabela 18 - Matriz da soma dos vetores ponderados de cada fator

FINAL	CUSTO	TEMPO	SCORE
PESOS INDIVIDUAIS	0,652663516	0,285077049	
Bittele	0,02228	0,02413	0,0214178
Jingly	0,02189	0,06096	0,0316650
GreenStone PCBA	0,03726	0,03720	0,0349221
OurPCB	0,05467	0,01808	0,0408323
JY	0,07874	0,11320	0,0836585
Kewo	0,09539	0,11320	0,0945303
MOKO	0,31626	0,20877	0,2659250
POE	0,16114	0,31626	0,1953280
E-Tecnek	0,21238	0,11320	0,1708841

Tabela 19 - Resultado método AHP para os fatores custo e tempo

APÊNDICE B – RESULTADO SIMULAÇÕES

- 10 PEÇAS

Microsoft Excel 15.12 Answer Report

Worksheet: [AHP.xlsx]Programação 10pcs

Report Created: 08/12/2015 21:32:28

Result: Solver found a solution. All constraints and optimality conditions are satisfied.

Solver Engine

Engine: GRG Nonlinear

Solution Time: 0,263841 Seconds.

Iterations: 1 Subproblems: 0

Solver Options

Max Time 100 sec, Iterations 100, Precision 0,000001

Convergence 0,0001, Population Size 100, Random Seed 0, Derivatives Forward, Require Bounds

Max Subproblems Unlimited, Max Integer Sols Unlimited, Integer Tolerance 5%, Solve Without Integer Constraints

Objective Cell (Min)

Cell	Name	Original Value	Final Value
\$H\$4	FUNÇÃO OBJETIVO	0,027891718	0,027891718

Variable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value	Integer
\$H\$6	Bittele FOR_CUSTO	0	0	Binary
\$I\$6	Bittele FOR_TEMPO	0	0	Binary
\$H\$7	Jingly FOR_CUSTO	0	0	Binary
\$I\$7	Jingly FOR_TEMPO	0	0	Binary
\$H\$8	GreenStone PCBA FOR_CUSTO	0	0	Binary
\$I\$8	GreenStone PCBA FOR_TEMPO	0	0	Binary
\$H\$9	Hampoo FOR_CUSTO	0	0	Binary
\$I\$9	Hampoo FOR_TEMPO	0	0	Binary
\$H\$10	OurPCB FOR_CUSTO	0	0	Binary
\$I\$10	OurPCB FOR_TEMPO	0	0	Binary
\$H\$11	JY FOR_CUSTO	1	1	Binary
\$I\$11	JY FOR_TEMPO	1	1	Binary
\$H\$12	Kewo FOR_CUSTO	0	0	Binary
\$I\$12	Kewo FOR_TEMPO	0	0	Binary
\$H\$13	MOKO FOR_CUSTO	0	0	Binary
\$I\$13	MOKO FOR_TEMPO	0	0	Binary
\$H\$14	POE FOR_CUSTO	0	0	Binary
\$I\$14	POE FOR_TEMPO	0	0	Binary
\$H\$15	E-Tecnek FOR_CUSTO	0	0	Binary
\$I\$15	E-Tecnek FOR_TEMPO	0	0	Binary
\$H\$16	4PCB 10 days FOR_CUSTO	0	0	Binary
\$I\$16	4PCB 10 days FOR_TEMPO	0	0	Binary
\$H\$17	4PCB 15 days FOR_CUSTO	0	0	Binary
\$I\$17	4PCB 15 days FOR_TEMPO	0	0	Binary

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
\$H\$18	SOMA FOR_CUSTO	1	\$H\$18=1	Binding	0
\$I\$18	SOMA FOR_TEMPO	1	\$I\$18=1	Binding	0
\$J\$10	OurPCB IGUALDADE	0	\$J\$10=0	Binding	0
\$J\$11	JY IGUALDADE	0	\$J\$11=0	Binding	0
\$J\$6	Bittele IGUALDADE	0	\$J\$6=0	Binding	0
\$J\$7	Jingly IGUALDADE	0	\$J\$7=0	Binding	0
\$J\$8	GreenStone PCBA IGUALDADE	0	\$J\$8=0	Binding	0
\$J\$9	Hampoo IGUALDADE	0	\$J\$9=0	Binding	0
\$H\$6	Bittele FOR_CUSTO	0	\$H\$6=\$I\$6	Binding	0
\$H\$7	Jingly FOR_CUSTO	0	\$H\$7=\$I\$7	Binding	0
\$H\$8	GreenStone PCBA FOR_CUSTO	0	\$H\$8=\$I\$8	Binding	0
\$H\$9	Hampoo FOR_CUSTO	0	\$H\$9=\$I\$9	Binding	0
\$H\$10	OurPCB FOR_CUSTO	0	\$H\$10=\$I\$10	Binding	0
\$H\$11	JY FOR_CUSTO	1	\$H\$11=\$I\$11	Binding	0
\$H\$12	Kewo FOR_CUSTO	0	\$H\$12=\$I\$12	Binding	0
\$H\$13	MOKO FOR_CUSTO	0	\$H\$13=\$I\$13	Binding	0
\$H\$14	POE FOR_CUSTO	0	\$H\$14=\$I\$14	Binding	0
\$H\$15	E-Tecnek FOR_CUSTO	0	\$H\$15=\$I\$15	Binding	0
\$H\$16	4PCB 10 days FOR_CUSTO	0	\$H\$16=\$I\$16	Binding	0
\$H\$17	4PCB 15 days FOR_CUSTO	0	\$H\$17=\$I\$17	Binding	0
\$H\$6:\$I\$17=Binary					

- 1000 PEÇAS

Microsoft Excel 15.12 Answer Report

Worksheet: [AHP.xlsx]Programação 1000pcs

Report Created: 08/12/2015 21:46:07

Result: Solver found a solution. All constraints and optimality conditions are satisfied.

Solver Engine

Engine: Simplex LP

Solution Time: 0,219037 Seconds.

Iterations: 14 Subproblems: 0

Solver Options

Max Time 100 sec, Iterations 100, Precision 0,000001

Max Subproblems Unlimited, Max Integer Sols Unlimited, Integer Tolerance 5%, Solve Without Integer Constraints

Objective Cell (Min)

Cell	Name	Original Value	Final Value
\$H\$15	FUNÇÃO OBJETIVO E-Tecnek	0,028140517	0,028140517

Variable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value	Integer
\$H\$17	Bittele FOR_CUSTO	0	0	Binary
\$I\$17	Bittele FOR_TEMPO	0	0	Binary
\$H\$18	Jingly FOR_CUSTO	0	0	Binary
\$I\$18	Jingly FOR_TEMPO	0	0	Binary
\$H\$19	GreenStone PCBA FOR_CUSTO	0	0	Binary
\$I\$19	GreenStone PCBA FOR_TEMPO	0	0	Binary
\$H\$20	OurPCB FOR_CUSTO	0	0	Binary
\$I\$20	OurPCB FOR_TEMPO	0	0	Binary
\$H\$21	JY FOR_CUSTO	0	0	Binary
\$I\$21	JY FOR_TEMPO	0	0	Binary
\$H\$22	Kewo FOR_CUSTO	0	0	Binary
\$I\$22	Kewo FOR_TEMPO	0	0	Binary
\$H\$23	MOKO FOR_CUSTO	1	1	Binary
\$I\$23	MOKO FOR_TEMPO	1	1	Binary
\$H\$24	POE FOR_CUSTO	0	0	Binary
\$I\$24	POE FOR_TEMPO	0	0	Binary
\$H\$25	E-Tecnek FOR_CUSTO	0	0	Binary
\$I\$25	E-Tecnek FOR_TEMPO	0	0	Binary

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
\$H\$26	SOMA FOR_CUSTO	1	\$H\$26=1	Binding	0
\$I\$26	SOMA FOR_TEMPO	1	\$I\$26=1	Binding	0
\$H\$17	Bittele FOR_CUSTO	0	\$H\$17=\$I\$17	Binding	0
\$H\$18	Jingly FOR_CUSTO	0	\$H\$18=\$I\$18	Binding	0
\$H\$19	GreenStone PCBA FOR_CUSTO	0	\$H\$19=\$I\$19	Binding	0
\$H\$20	OurPCB FOR_CUSTO	0	\$H\$20=\$I\$20	Binding	0
\$H\$21	JY FOR_CUSTO	0	\$H\$21=\$I\$21	Binding	0
\$H\$22	Kewo FOR_CUSTO	0	\$H\$22=\$I\$22	Binding	0
\$H\$23	MOKO FOR_CUSTO	1	\$H\$23=\$I\$23	Binding	0
\$H\$24	POE FOR_CUSTO	0	\$H\$24=\$I\$24	Binding	0
\$H\$25	E-Tecnek FOR_CUSTO	0	\$H\$25=\$I\$25	Binding	0
\$J\$17	Bittele IGUALDADE	0	\$J\$17=0	Binding	0
\$J\$18	Jingly IGUALDADE	0	\$J\$18=0	Binding	0
\$J\$19	GreenStone PCBA IGUALDADE	0	\$J\$19=0	Binding	0
\$J\$20	OurPCB IGUALDADE	0	\$J\$20=0	Binding	0
\$J\$21	JY IGUALDADE	0	\$J\$21=0	Binding	0
\$J\$22	Kewo IGUALDADE	0	\$J\$22=0	Binding	0
\$J\$23	MOKO IGUALDADE	0	\$J\$23=0	Binding	0
\$J\$24	POE IGUALDADE	0	\$J\$24=0	Binding	0
\$J\$25	E-Tecnek IGUALDADE	0	\$J\$25=0	Binding	0
\$H\$17:\$I\$25=Binary					